

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ TECHNICKÁ -
UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Katedra environmentálního inženýrství

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH
VOD Z ČOV**

Bakalářská práce

Autor:

Denisa Novočková

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of Mining and Geology

Department of Environmental Engineering

**THE POTENTIAL OF RECOVERY OF TREATED
WASTEWATER FROM WASTEWATER TREATMENT
PLANTS**

Bachelor thesis

Author:

Denisa Novočková

Supervisor:

doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Denisa Novočková**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Možnosti využití vyčištěných odpadních vod z ČOV**
The potential of recovery of treated wastewater from wastewater treatment plants

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Klimatické změny a výskyt suchých období
3. Odpadní vody - charakteristika, čištění odpadních vod
4. Kvalitativní ukazatele vyčištěných odpadních vod z ČOV
5. Možnosti znovuvyužívání vyčištěných odpadních vod z ČOV
6. Diskuze a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

WHO - World Health Organization (2006) Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water

MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006. ISBN 80-86020-50-9.

PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.

DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. Čištění odpadních vod. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2004. ISBN 80-7080-619-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2019

Denisa Novočková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce doc. Ing. Silvii Heviánkové, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat Ing. Silvii Drabinové, Ph.D. a paní laborantce Jarmile Bílské za pomoc a poskytnutí cenných informací v laboratoři. Také bych ráda poděkovala zaměstnancům ÚČOV Ostrava a ČOV Havířov za poskytnutí vzorků odpadní vody. V neposlední řadě mé největší poděkování patří mé rodině, která je mojí oporou a plně mě podporuje při mém studiu.

ANOTACE

V bakalářské práci jsem se zabývala možnostmi využívání vyčištěných odpadních vod z ČOV. Vzorky odpadní vody byly odebírány na odtoku, z městských čistíren odpadních vod v Ostravě a Havířově. V první části bakalářské práce je vypracována literární rešerše na různá témata jako jsou klimatické změny, odpadní vody, kvalitativní a kvantitativní parametry vyčištěných odpadních vod, možnosti znovu využívání vod z ČOV a možnosti dočištění odpadních vod z ČOV. Dále v rámci práce je zpracována charakteristika zájmového území a popis předmětných čistíren. Hlavní část mé bakalářské práce tvoří praktická část, kde jsou popsány terénní odběry jednotlivých vzorků na čistírnách odpadních vod v Havířově a Ústřední čistírně odpadních vod v Ostravě a jejich následná analýza v laboratoři. Z výsledků jednotlivých koncentrací ukazatelů byly následně vyhodnoceny možnosti dalšího využívání odpadních vod z ČOV.

Klíčová slova: čistírny odpadních vod, odpadní voda, znovuvyužití, zavlažování, klima, suché období

Summary

In the bachelor thesis I dealt with the possibilities of using purified wastewater from WWTP. Sewage treatment plants are located in Ostrava and Havířov. Waste water samples were collected at the treatment plant outflow. In the first part of the bachelor's thesis, a literature review is elaborated on various topics such as climate change, waste water, qualitative and quantitative parameters of treated waste water, the possibility of re-use of water from wastewater treatment plants and the possibility of waste water treatment from WWTP. Furthermore, the thesis describes the characteristics of the area of interest and the treatment plants examined by me. The main part of my bachelor thesis is a practical part, which describes the field sampling of individual samples at wastewater treatment plants in Havířov and Central Wastewater Treatment Plant in Ostrava and their subsequent determination in the laboratory. From the results of the individual concentrations of the indicators, the possibilities of further utilization of waste water from the WWTP were subsequently evaluated.

Key words: wastewater treatment plants, wastewater, reuse, irrigation, climate, dry period

OBSAH

1	ÚVOD A CÍL PRÁCE	1
2	KLIMATICKÉ ZMĚNY A VÝSKYT SUCHÝCH OBDOBÍ	2
2.1	Historie klimatu.....	2
2.2	Důsledky změn koncentrace radiačně aktivních plynů.....	2
2.3	Průměrná měsíční teplota vzduchu	3
2.4	Období sucha.....	3
3	ODPADNÍ VODY	4
3.1	Rozdělení odpadních vod.....	5
3.1.1	Dělení podle původu	5
3.2	Možné škody způsobené odpadními vodami	6
3.3	Čištění odpadních vod.....	7
3.3.1	Mechanické čištění odpadních vod.....	7
3.3.2	Biologické čištění odpadních vod.....	10
3.3.3	Anaerobní rozklad.....	10
3.3.4	Aerobní rozklad	10
4	KVALITATIVNÍ A KVANTITATIVNÍ PARAMETRY VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	11
4.1	Kvalita odpadních vod	12
5	MOŽNOSTI ZNOVU VYUŽÍVÁNÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	13
5.1	Závlaha v Indii	14
5.2	Závlaha čištěnými odpadními vodami	15
5.3	Návrh koncepce uspořádání čistírna – závlaha	16
5.3.1	Příklady uspořádání	16
5.4	Jakost vody pro závlahu.....	19

5.5	Stanovení závlahových množství a velikostí zavlažované plochy.....	20
5.6	Akvakultura.....	20
5.7	Technologické možnosti využití tepla z odpadních vod.....	21
5.8	Odpadní voda pro hasební účely	21
5.9	Čistírna odpadních vod AS-TOP WASH.....	22
5.10	Zpětné využití šedé vody v budovách.....	22
5.11	Pit toilets	23
6	MOŽNOSTI DOČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z ČOV	24
6.1	Dočištění – odstranění nerozpuštěných látek.....	25
6.2	Dočištění - odstranění rozpuštěných látek	25
6.3	Voda k zavlažování.....	25
7	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	27
7.1	ČOV Havířov	27
7.2	ÚČOV Ostrava.....	28
8	ODBĚR VZORKŮ A JEJICH ANALÝZA	29
8.1	Časový harmonogram	29
8.2	Stanovení pH.....	30
8.3	CHSK _{Cr}	31
8.4	Stanovení dusičnanů	32
8.5	Stanovení celkového fosforu.....	33
8.6	Stanovení dusitanů	34
8.7	Stanovení amoniakálního dusíku	35
8.8	Stanovení ortofosforečnanů	36
8.9	BSK ₅	37
8.9.1	Výpočet koncentrace rozpuštěného kyslíku:	38

8.10 Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek	40
8.11 Analýza vzorků dle požadované normy	41
8.12 Analýza těžkých kovů	43
9 ZÁVĚR.....	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK	53
SEZNAM GRAFŮ	54
SEZNAM PŘÍLOH.....	1

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

Každý organismus na Zemi potřebuje ke svému životu takové prostředí, které bude uspokojovat jeho základní životní potřeby. Mezi tyto potřeby bezpochyby řadíme i vodu. Voda je nezbytná součást naší planety, bez které by nebyl samotný život na Zemi možný.

Před několika lety se nepředpokládalo, že by pitná nebo dokonce užitková voda někomu začala scházet. Nároky na vodu neustále rostou a rozdíly mezi její spotřebou a zásobou vodních zdrojů se neustále zvyšují. Všichni si to dobře uvědomujeme. Příčin je mnoho, nejčastěji se setkáváme s klimatickými změnami v důsledku skleníkových plynů, které jsou příčinou úbytku vody v některých oblastech.

Odpadní voda byla vždy považována za odpad, který je vyčištěn na jednotlivých čistírnách odpadních vod a následně vypuštěn do recipientu. V zemích, kde se projevují problémy se zásobováním vodou, se tento přístup v posledních letech změnil. Z tohoto důvodu se problematika odpadních vod stává stále aktuálnější.

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout možnosti využívání odpadních vod z čistíren odpadních vod po vyčištění. Bakalářská práce se skládá z části teoretické, kde jsou popsány klimatické změny, odpadní vody, kvantitativní a kvalitativní hodnocení a možnosti znovu využívání vyčištěných odpadních vod společně s jejich dočištěním. Hlavní součástí práce tvoří praktická část, kde jsou popsány terénní odběry vzorků na jednotlivých čistírnách odpadních vod, a jejich následná analýza v laboratoři. Z výsledků naměřených koncentrací ukazatelů byly následně vyhodnoceny možnosti dalšího využívání odpadních vod z ČOV.

2 KLIMATICKÉ ZMĚNY A VÝSKYT SUCHÝCH OBDOBÍ

Pod změnou klimatu je třeba si představit dlouhodobou změnu průměrného stavu podnebí nebo jeho vlastností, které byly ustálené desítky let. Je jedním z rozhodujících faktorů, protože každý na planetě Zemi je závislý na klimatických podmínkách. Podnebí poskytuje obživu každému z nás v podobě vody a zemědělství (obiloviny, okopaniny, luštěniny). [1]

2.1 Historie klimatu

Informace o klimatických změnách získáváme zejména z vrtů v horských ledovcích, letokruhů stromů a mořských korálů. Další záznamy se nacházejí v lodních denících nebo různých přístrojových měření. Takzvané středověké klimatické optimum se vyskytlo mezi léty 1000 – 1300. Bylo to období relativně teplého klimatu. Poté v letech 1400 – 1850 následovala malá doba ledová, kdy v oblastech severní polokoule byla teplota nižší o 1 °C než v současnosti. Avšak od roku 1850 lze pozorovat postupné zvyšování globální průměrné teploty. [2]

Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují klima na naší planetě Zemi. Podle příčiny změn lze rozčlenit na extraterestrické (sluneční záření), terestrické (typ zemského povrchu, rozložení pevnin a oceánů, množství a druh vegetace) a antropogenní (emise skleníkových plynů, urbanizace). Avšak největší podíl na tom všem má člověk v podobě skleníkových plynů. [3]

2.2 Důsledky změn koncentrace radiačně aktivních plynů

Mezi plyny zachycující teplo odražené od zemského povrchu patří například vodní páry, oxid uhličitý, oxid dusný, metan a freony. Ke zvyšování globální průměrné teploty vedou zejména koncentrace těchto látek. Uhlík, který byl uložen několik milionů let v zemi, je nyní spalován v podobě fosilních paliv, jako je uhlí, ropa a zemní plyn. [1]

Ze zveřejněných výsledků dle [1] a [4] Mezivládního panelu pro změnu klimatu lze předpokládat tyto následující dopady:

- Je pozorováno menší množství sněhu a ledu, oteplení oceánů a atmosféry, vzestup hladiny moře, navýšení koncentrací skleníkových plynů.
- Postupné oteplování zemského povrchu.

- Úbytek hmotnosti ledového tělesa (příkrovu) na Antarktidě a v Grónsku.
- Zvýšení atmosférické koncentrace metanu, oxidu uhličitého a oxidu dusného. Navýšení CO₂ za posledních 50 let o 25 % zaznamenaly zejména oceány, které absorbovaly okolo 30 % antropogenního oxidu uhličitého, což způsobilo jejich okyselení.
- Především lidský vliv na koncentrace skleníkových plynů je zřejmý.
- Klimatické odezvy Země jednoznačně potvrzují globální oteplování.

2.3 Průměrná měsíční teplota vzduchu

Český hydrometeorologický ústav dle [5] se dlouhodobě zabývá územními teplotami za daná období v ČR. Je zde možné sledovat nárůst teploty v Moravskoslezském kraji a změny teploty v jednotlivých měsících s různou časovou prodlevou. Z výsledků ČHMÚ vyplývá, že teplota každoročně narůstá. Během 56 let vzrostla zhruba o 1 °C.

2.4 Období sucha

Hydrologické sucho počíná v důsledku deficitu srážek a projevuje se zmenšením stavu podzemních vod a snížením průtoku ve vodních tocích. S tímto úzce souvisí nedostatek vody, který je specifikován jako dočasný stav, který ovlivňuje životní prostředí, hospodářskou činnost případně lidské potřeby. V posledních letech pozorujeme neúměrné výkyvy počasí, které je pořád více a více extrémnější. Povodně jsou opačný extrém sucha a odvíjí se od problémů s klimatologií, meteorologií a hydrologií. Sucho by mohlo mít vážné dopady na vegetaci, zvířata a celkový ráz krajiny. Vše se odvíjí od odezvy na krajině. Sucho může zaznamenat jednorázový nebo dlouhodobý dopad mnohdy i s nevratnou odezvou, kdy nebude možné krajinu napravit do původního stavu. Nejteplejšími roky v dějinách měření teploty se staly roky 2014, 2015 a 2016. Tyto extrémy mají špatný vliv na zásoby vody v tocích, mělkých vrtech, ale i v povrchové vrstvě půdy, přičemž na této vrstvě jsou závislé jak veškeré zemědělské plodiny, tak lesní dřeviny. Avšak měli bychom počítat s tím, že sucha budou trvat déle a zároveň se můžeme potýkat s ničivějšími a častějšími povodněmi. Stále budeme muset vylepšovat infrastrukturu i rezervy, kvůli novým podmínkám, které nám počasí přináší. [6]

Dokument vodoprávního úřadu, který je hlavním podkladem pro vyhodnocování vzniku nedostatku vody se nazývá Plán pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody. Jeho

cílem je udržet množství vody pro snížení negativních dopadů sucha na vodní útvary, hospodářskou činnost a základní lidské potřeby. Nařízení podle plánu pro sucho uveřejňuje komise pro sucho, kterou zřizuje hejtman kraje. [7]

Mezi hlavní přípravná opatření patří aktualizace plánu, technická a organizační příprava, předpověď a monitorování dalšího vývoje, operativní příprava záložních (mobilních) úpraven vody – prověření jejich spolehlivosti. Český hydrometeorologický ústav vydává informace o stavu sucha. [7], [8]

Vzhledem k těmto podmínkám, které se odvíjejí od počasí, by lidé neměli váhat a měli by začít lépe nakládat s vodou. Ať už s vodou dešťovou či odpadní. Tyto vody vzhledem ke svému složení po vyčištění je zbytečné vypouštět do recipientu bez jakéhokoliv dalšího využití.

3 ODPADNÍ VODY

Za odpadní vody, se považují všechny vody dle vodního zákona č. 254/2001 Sb., které během svého využívání změnily svoji jakost, a to jak teplotu, tak i kvalitu. Vody průmyslové byly použity v průmyslové výrobě, dopravních prostředcích a zemědělské výrobě. Hodnotu vod vypouštěných z domácností tzv. splaškových vod, určuje specifická spotřeba vody, která se pohybuje v ČR okolo 100 l na osobu a den.

Existují však i vody, které se neřadí mezi odpadní, protože neohrožují kvalitu okolní vody. Mezi tyto vody zákon stanovuje například nevyužité minerální vody z pramene. Na druhou stranu mezi odpadní vody nepatří ani vody, které obsahují velké množství znečištění a mohou obsahovat závadné látky. Jak správně nakládat s těmito vodami určuje vyhláška 450/2005 Sb. o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků. [9], [10], [11]

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů stanovuje jak nakládat s odpadem, který je třeba oddělit od odpadní vody, a to i v kapalné formě. V čistírnách odpadních vod považujeme i kal vzniklý při zpracování těchto vod za odpad. [12]

3.1 Rozdělení odpadních vod

Odpadní vody lze rozdělit podle různých kritérií na několik druhů. Vše se odvíjí od jejich vzniku a množství obsahu znečišťujících látek.

3.1.1 Dělení podle původu

Vody splaškové (splašky) mají většinou šedou barvu, zapáchají a pH se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8,5. Dle Tabulky 1 bývá složení vody poměrně stálé. Největší podíl znečišťujících látek tvoří moč a tuhé fekálie. Jsou to odpadní vody s převážně organickými látkami, které jsou vypouštěny do kanalizace z domácností, objektů společného stravování a různých sociálních zařízení neboli městské vybavenosti, což jsou školy, školky, hotely, restaurace. Obsahují nerozpuštěné látky hrubé, mezi které patří zbytky potravin, papír, hadry, písek. Rovněž látky jemné, kde se zařazují kaly, oleje, tuky. Dále také rozpuštěné látky, pod které spadají mikroorganismy v podobě bakterií, virů a plyny což jsou oxid uhličitý, sulfan a metan. Splaškové vody z různých míst se mezi sebou zásadně neliší kvalitativním složením. [13], [15], [16]

Tabulka 1 Orientační složení splaškových odpadních vod [13]

Sediment po 1 hod.	3 mg/l – 4,5 mg/l
Nerozpuštěné látky	200 mg/l – 700 mg/l
Rozpuštěné látky	600 mg/l – 800 mg/l
BSK ₅	100 mg/l – 400 mg/l
CHSK _{Cr}	250 mg/l – 800 mg/l
N - celkový	30 mg/l – 70 mg/l
NH ₄ ⁺	20 mg/l – 45 mg/l
P - celkový	5 mg/l – 15 mg/l

Za městské odpadní vody jsou považovány vody, které také odtékají veřejnou kanalizací. Jsou to převážně směsi splašků a jiných, hlavně průmyslových odpadních vod. Zejména průmyslovým znečištěním je ovlivněno složení městských odpadních vod. Tyto vody se řadí s rostoucí specifickou potřebou. [13], [17]]

Průmyslové odpadní vody jsou mimořádně rozmanitou skupinou. Vznikají přímo ve výrobě průmyslových objektů. Musí splňovat určité maximální hodnoty znečištění chemickými látkami. Složení průmyslových odpadních vod se odvíjí zejména od charakteru výroby. [17]

Mezní hodnoty se řídí dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. [18]

Můžeme je dále rozdělit na převážně organicky znečištěné. To jsou například vody z tepelného zpracování uhlí, textilního průmyslu, potravinářského průmyslu a papírenského průmyslu. Opakem těchto vod jsou vody převážně anorganicky znečištěné z těžby nebo úpravy rud a uhlí, výroby hnojiv, úpravy kovů, hutního průmyslu, sklářského a keramického průmyslu. Dále mohou být mimořádně škodlivé, znečištěné převážně organickými látkami rozložitelnými biologicky, znečištěné převážně anorganickými látkami a relativně neškodné. [13], [15], [16]

3.2 Možné škody způsobené odpadními vodami

Velká většina odpadních vod dle [11], které projdou přes čistírnu odpadních vod, je poté následně vypouštěná do recipientu tzn. povrchových vod a mohou ohrozit jakost těchto vod. Jsou zaznamenány například tyto možné následky:

- Zhoršení kvality životního prostředí
- Zhoršené podmínky pro využití k rekreaci
- Úbytek živých organismů v tocích
- Možná přítomnost patogenních bakterií (bakterie, viry, červi)

3.3 Čištění odpadních vod

Množství odpadních vod a jejich kvalita je především závislá na technické vybavenosti domácnosti i obce, způsobu života obyvatel a životní úrovni. Aerobní biologické procesy, probíhající v přírodních tocích jsou využívány při čištění odpadních vod. Organotrofní mikroorganismy zpracovávají organické látky podle složení těchto látek jako zdroj živin a energii. Některé organické látky se biochemicky oxidují na CO_2 a H_2O . Zbývající část organických látek je využita k syntéze nové biomasy pomocí energie, která se získá oxidačními reakcemi. [11], [17]

Odpadní vody z měst, obcí a různých provozů jsou pomocí kanalizace svedeny na čistírnu odpadních vod, kde se na základě jejich složení postupnými procesy čistí.

3.3.1 Mechanické čištění odpadních vod

Za pomoci mechanického čištění odpadních vod se čistírna odpadních vod zbavuje zejména hrubých nečistot z odpadní vody.

K procesu cezení se využívají česle, tyto mechanismy jsou použity jako první čistící zařízení na čistírně odpadních vod, protože jsou určeny k polapení největších plovoucích nečistot. Česle se skládají z česlic, což jsou ocelové pruty, lichoběžníkového, obdélníkového nebo kruhového profilu. Sklon rámu, ve kterém jsou česlice připevněny je 30° až 60° za lapákem šterku v přítokovém žlabu. Česle jsou dvojího druhu a liší se od sebe průlinami, což jsou vzdálenosti mezi česlicemi. Hrubé česle mají šířku mezi česlicemi větší než 60 mm, naopak vzdálenost průlin jemných česlí je menší než 40 mm. Mezi česlicemi se hromadí shrabky, které jsou stírány ručním nebo strojním stíráním pomocí hrabel. V Tabulce 2 se nachází procentuální zastoupení shrabků. Shrabky, které se zachytí na česlích, jsou hygienicky závadné a snadno zahnívající, a proto se likvidují pomocí spalování při teplotách 680°C až 750°C .

Tabulka 2 Složení shrabků [15], [19]

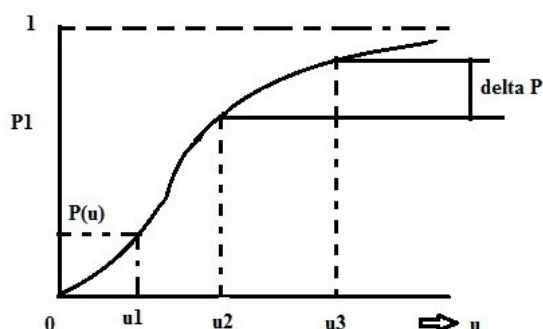
Materiál	Procentuální zastoupení
Hadry	50 %
Papír	20 - 30 %
Plasty	5 – 10 %
Gumové výrobky	2%
Ovoce/zelenina	2 – 3 %
Nerozpadlé fekálie	2 – 3 %
Jiné	1%



Obr. 1 Lapák písku ČOV Havířov [foto: Novočková, 2018]

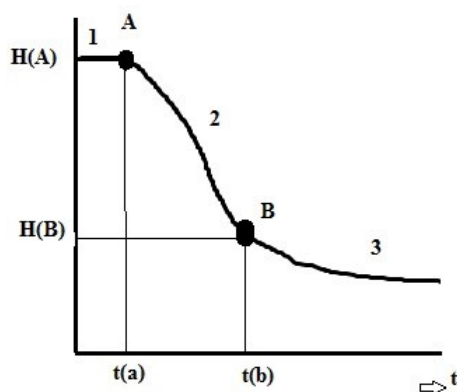
Základním procesem každé technologické linky je sedimentace, která se odehrává v lapácích šterku, lapácích písku a v sedimentačních nádržích. Písek, škvára, úlomky skla se odstraňují v lapácích písku (viz. Obr. 1), které využívají snížené průtočné rychlosti, kde se zachycují zrna do velikosti 0,1 mm až 0,2 mm. Existují tři typy lapáků písku, které rozdělujeme podle směru průtoku vody na lapáky horizontální, vertikální a s příčnou cirkulací. [15], [19]

Usazovací a zahušťovací nádrže využívají vlivu gravitačního zrychlení k odstranění pevných částic. Rozlišujeme 2 druhy suspenze. První z nich je suspenze zrnitá, která zachovává svůj charakter a nemění rychlost pohybu. Druhá flokulující suspenze tzv. vločkovitá po dobu svého pádu mění tvar i rychlost pohybu. Samotná sedimentace se dělí na prostou sedimentaci, rušenou sedimentaci a zahušťování suspenze. Gravitační síla, vztlaková síla a odpor působí na částici při pádu. Dle Obr. 2 se vyjadřuje sedimentační analýza pomocí sedimentační křivky usazovacích rychlostí. [15]



Obr. 2 Sedimentační křivka [20]

Zahušťování se využívá v sekundární sedimentaci při usazování aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích. Zahušťovací křivka na Obr. 3 podává informace o zahušťování suspenze, která vychází z výsledků měření ve skleněných válcích, kde lze pozorovat fázové rozhraní mezi kapalnou a tuhou fází.



Obr. 3 Zahušťovací křivka [20]

1. oblast flokulace, 2. oblast volné sedimentace, 3. deformační oblast, 4. kompresní oblast

3.3.2 Biologické čištění odpadních vod

V této fázi procesu jsou z odpadní vody odstraněny veškeré hrubé nečistoty, ale ve vodě se stále nachází například fosfor, uhlíkové znečištění, tuky, bílkoviny, škroby a dusíkaté látky, které není možné mechanicky odstranit. Je známo okolo 100 milionů organických látek. Organické znečištění ve vodním prostředí je rozkládáno pomocí mikroorganismů. Biologické čištění využívá bakterií, které odstraňují a rozkládají organické znečištění. Rozkladný proces je složitý a skládá se z řady různých reakcí. Celý proces je ovlivňován mnoha faktory jako je například pH, teplota, obsah kyslíku a typ znečištění. [21]

3.3.3 Anaerobní rozklad

Anaerobní rozklad organických látek je složitější než aerobní a probíhá bez přítomnosti kyslíku. Látky se oxidují na vodu a oxid uhličitý, přičemž některé látky se redukuje na plyny, zejména na metan. Anaerobního rozkladu využíváme zejména u silně znečištěných vod organickými látkami, například na ČOV ve vyhnívacích nádržích, dále také v potravinářském a chemickém průmyslu. [22]

3.3.4 Aerobní rozklad

Při aerobním rozkladu se rozkládají organické látky za přítomnosti kyslíku. Přičemž dochází k oxidaci organických látek působením mikroorganismů. Oxid uhličitý společně s vodou jsou výslednými produkty. Při tomto procesu zavádíme takzvané kultivační podmínky. Jsou to podmínky, při kterých mohou dané organismy růst. Dělí se na prostředí oxické a anoxické. Aerobních podmínek využíváme na ČOV při procesu tzv. nitrifikace (viz Obr. 4). [22]



Obr. 4 Odstraňování dusíku ČOV Havířov [foto: Novočková, 2018]

4 KVALITATIVNÍ A KVANTITATIVNÍ PARAMETRY VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Zákon č. 254/2001 Sb.

Hlavním cílem zákona č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) je ochraňovat veškeré vody, a to jak povrchové, tak i podzemní. Udává podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, pro jakosti podzemních a povrchových vod. Snaží se o vytvoření příznivých podmínek, a proto podporuje bezpečnost proti povodním a suchu. Dále zajišťuje bezpečnost vodních děl, pitnou vodu pro obyvatelstvo a chrání vodní ekosystém, na kterém závisí suchozemský ekosystém. [10]

Směrnice rady 91/271/EHS

Směrnici rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, každoročně projednává vláda České republiky, která sleduje požadavky a plnění této směrnice. Vypouštěním odpadních vod do recipientu je způsobeno znečištění, a proto hlavním cílem je chránit povrchovou vodu. Stanoví se požadavky na vypouštění odpadních vod z čistíren odpadních vod, systém vzorkování, emisní limity a mnohé další kontroly. [23]

Zákon č. 274/2001 Sb.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). V tomto zákoně jsou popsány vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě, provozu vodovodů a kanalizací, které slouží pro veřejnou potřebu. [24]

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Kvalitativní a kvantitativní parametry vyčištěných odpadních vod z čistíren odpadních vod vychází z nařízení vlády 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. V Tabulce 3 jsou emisní standardy dle nařízení vlády 401/2015 Sb. [18]

Tabulka 3 Emisní standardy – koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [18]

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{CR}		BSK ₅		NL		N - NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

p – přípustné hodnoty, m – maximální hodnoty, průměr – hodnoty průměru

4.1 Kvalita odpadních vod

Kvalita odpadních vod může být ovlivněna několika faktory. Za tyto faktory můžeme považovat například vhodně zvolenou technologii, aktivitu biomasy a umístění čistírny odpadních vod.

Pomocí ukazatelů klasifikujeme kvalitu odpadních vod. Zvýšená pozornost se zaměřuje na různé druhy látek. Zejména na seskupení organických látek, které mohou ovlivnit jakost a chování vody. Dalšími skupinami jsou například kovy, ropné látky, fenoly, tensidy, pH, celkový dusík, celkový fosfor atd. [15], [17]

BSK₅

„Hlavním z ukazatelů je Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní, která je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek a v oxickém prostředí biochemickou oxidací (popř. anorganických) látek ve vodě.“ [17]

BSK₅ hodnotí obsah organických látek ve vodách, které se mají vyčistit, respektive biologicky rozložit za 5 dní. Čím větší bude hodnota BSK₅, tím více je voda znečištěná organickými látkami. Kyslík spotřebují mikroorganismy, které se poté biochemicky rozloží. [17]

CHSK

Dalším důležitým ukazatelem organických látek je hodnota CHSK – chemická spotřeba kyslíku, která je definována jako množství kyslíku, které se za přesně daných podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě silným oxidačním činidlem.

Výsledkem jsou kyslíkové ekvivalenty udávané v mg/l. Dichroman draselný se výhradně používá pro stanovení CHSK v odpadních vodách jako oxidační činidlo, protože je možné kvantitativně oxidovat velké množství organických látek.[11], [13], [15], [17]

pH

Nezbytnou součástí každého rozboru vody je stanovení pH. Vodíkový exponent nám určuje druh vody pomocí pH – metrů nebo univerzálních indikátorových papírků. Čím je hodnota pH menší, tím je roztok kyslejší, a čím je větší, tím je roztok zásaditější.

Fosfor

„Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých minerálů a zvětralých hornin.“ [17]

Vody z prádelen a aplikace fosforečnanových hnojiv jsou především hlavním antropogenním zdrojem znečištění. Další zdroj znečištění se nachází v odmašťovacích a čisticích prostředcích, ve kterých jsou obsaženy polyfosforečnany [17]

Do kanalizace, na čistírny odpadních vod fosfor přitéká zejména z lidské moči ve formě močoviny, kde je poté odstraňován chemicky nebo biologicky.

Dusík

Dusík patří mezi makrobiogenní prvky společně s fosforem. Je nezbytný pro rozvoj mikroorganismů a uplatňuje se při biologických procesech čištění a úpravy vody. Jeho sloučeniny mohou být anorganického nebo organického původu. Významnými zdroji dusíku jsou splaškové vody, odpady ze zemědělství a vody z potravinářského průmyslu. [17]

5 MOŽNOSTI ZNOVU VYUŽÍVÁNÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD Z ČIŠTÍREN ODPADNÍCH VOD

Jak už bylo v předchozích kapitolách řečeno, odpadní voda byla v minulosti považována za odpad. Odpadní vody, které jsou vyčištěny na čistírnách odpadních vod, jsou zpravidla vypouštěny do recipientu. Pohled na vyčištěnou odpadní vodu změnily v posledních letech země, které se potýkaly s problémy se zásobováním vodou, případně s hrozícím suchem.

Dalším z důvodů je růst populace, se kterým roste poptávka po vodě a následné zvýšení množství odpadních vod. Dle Obr. 5 a Obr. 6 je voda omezeným přírodním zdrojem, a proto jsou vyžadovány efektivní postupy k jejímu dalšímu využití. Opakovaným používáním nebo recyklací odpadní vody může být překonán nedostatek povrchových a podzemních vod. [25], [26], [27]

5.1 Závlaha v Indii

Jedním z příkladů je Indie, země, kde zemědělci využívají vyčištěnou odpadní vodu k zavlažování svých polí. V roce 2003 byla sledována jakost odpadní vody vypouštěné ve městě Haryana. Většina splaškových vod z obytných oblastí, splňují limitní hodnoty pro vody využívané k zavlažování. V dnešní době se odpadní voda v některých městech v Indii využívá k zavlažování plodin, bohužel nedostatečné dočištění odpadní vody může mít za následek ohrožení lidského zdraví a vypuknutí nebezpečných epidemií. Ve velké míře se studovaly zemědělské plodiny zavlažované touto vodou, které zemědělci během roku nemuseli hnojit, protože produkce plodin byla podobná jako na úrodné půdě bez hnoje nebo minerálního hnojení. Jakost půdy se změnila po 1 roce až do 30 cm hloubky. Odpadní voda vykazovala zvýšený výnos mikronutrientů, makronutrientů, slanost, organické látky, Na, K, Ca, Mg, P, snížení pH půdy apod. [25]

Nedostatečně vyčištěné odpadní vody mohou být nebezpečné, protože mohou obsahovat chemikálie, které ovlivňují lidské zdraví, strukturu a kvalitu půdy, růst rostlin a zemědělských plodin. [25], [26], [27]



Obr. 5 Zavlažování v Keni [27]



Obr. 6 Zavlazování „černými vodami“ v Mexiku [28]

Vodní hospodářství v České republice má za úkol stanovit způsoby hospodaření a především využívání upravených srážkových vod a vyčištěných odpadních vod. Značná část splaškových vod od malých producentů, má k dispozici volné plochy s vegetací, zde se doslova nabízí využití čištěných vod k závlaze. [29]

5.2 Závlaha čištěnými odpadními vodami

Z individuálně umístěných staveb se zejména používají odpadní vody k závlaze. Nejvhodnějšími čištěnými splaškovými vodami jsou odpadní vody z rekreačních objektů, z bytů, slabě znečištěné srážkové vody, zemědělské odpadní vody a vody z drobných provozoven, ve kterých se nenachází látky toxické. [29]

Závlaha čištěnými odpadními vodami zahrnuje mnoho výhod. Lze zde například zahrnout jednoduché stavební provedení, využívání zařízení, která jsou mechanicky a konstrukčně blízká již využívaným zařízením pro závlahu čistou vodou. Nelze opomenout na zvýšení výnosů zemědělských rostlin, které plně pokryjí provozní náklady na závlahy. Dále také půdní prostředí vykazuje vysoký čistící účinek, který obzvláště zaznamenáváme v poutání živin rostlinami. [29]

Na druhou stranu je třeba zaměřit se i na nevýhody spojené se závlahami. K využívání závlah pomocí vyčištěných odpadních vod, by bylo nezbytné zajistit celoroční provoz závlah a navrhnutí akumulčních prostorů. Další nevýhodou je pokles čistícího účinku při mimovegetačních závlahách a snížení závislosti čistícího účinku půdy

na dešťových srážkách, teplotě, sluneční radiaci. Využití desinfekce prostřednictvím UV záření je nezbytné, pokud je nutno provést hygienizaci těchto vod. [29]

5.3 Návrh koncepce uspořádání čistírna – závlaha

K návrhu čistírny odpadních vod se závlahovým využitím odpadních vod je nutno získat několik podkladů s podrobným popisem místa, kde má být navrhovaná ČOV umístěna. Vše zahrnují plány geodetické, pedologické, inženýrsko-geologické, klimatologické, meteorologické, hydrologické, hydrobiologické, a také je třeba znát složení a množství odpadních vod aj. [29]

Nakládání s vyčištěnými odpadními vodami se řeší individuálně podle obsahu látek ve vodě. Dále podle typu odpadních vod přitékajících na ČOV, zejména jde-li o vodu splaškovou, dešťovou nebo průmyslovou a možnostmi předčištění (resp. dočištění) odpadní vody.[29]

Zařízení pro zavlažování je tvořeno akumulací nebo vyrovnávací nádrží, odběrem vody, zařízením pro čerpání vody, trubicím rozvodem, který může být nízkotlaký nebo tlakový a závlahovým detailem. Speciální síťový filtr může být umístěn v místě odběru otevřené akumulací nádrže, kde dochází k rozvoji řas a sinic. [29], [30]

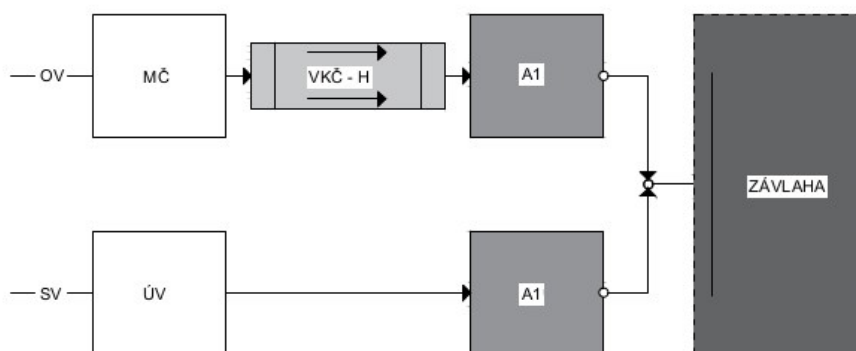
5.3.1 Příklady uspořádání

K čištění odpadních vod se také využívají vegetační kořenové čistírny, které využívají přírodě blízké samočisticí procesy, probíhající v mokřadním prostředí (viz. Obr 7). Principem čištění je průtok odpadní vody substrátem osázeným mokřadní vegetací. [29]



Obr. 7 Vegetační kořenová čistírna [29]

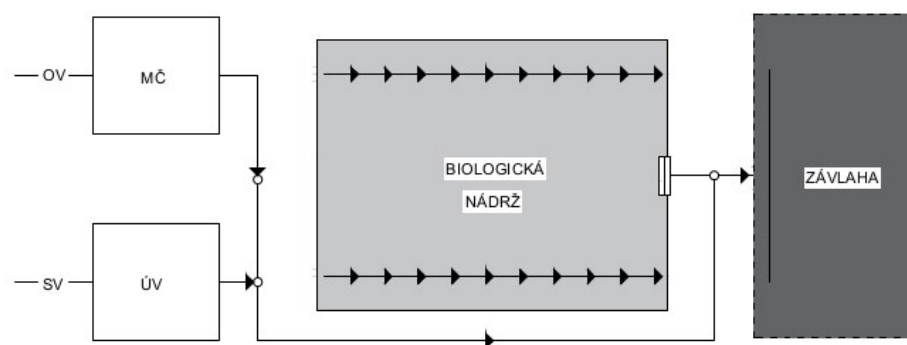
První příklad na Obr. 8 je kombinace využívání srážkových vod společně s odpadními vodami. Tento návrh je založen na mechanickém nebo mechanicko-biologickém čištění odpadních vod, jako je například biologický septik s vegetační kořenovou čistírnou. Srážkové vody jsou upravovány jednoduše pomocí sedimentace ve vertikálně protékané usazovací nádrži a spádových sítích. [29]



Obr. 8 Kombinace čištění ve vegetační kořenové čistírně a závlahou [29]

OV-odpadní vody, SV-srážkové vody, MČ-mechanické čištění, ÚV-úprava vod srážkových, A1-akumulace, VKČ-H-veg. kořenová čistírna s horizontálním podpovrchovým prouděním

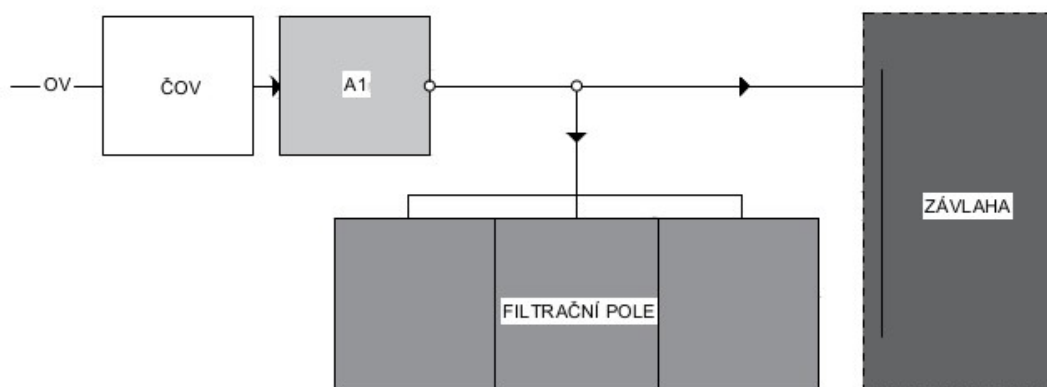
Další návrh Obr. 9 je mechanický stupeň čištění, který tvoří česle, lapák tuku a usazovací nádrž. Čištěné odpadní a srážkové vody se shromažďují v biologické nádrži s akumulacním prostorem, když není potřeba zavlažovat. [29]



Obr. 9 Kombinace mechanického stupně čištění a biologické nádrže se závlahou [29]

OV-odpadní vody, SV-srážkové vody, MČ-mechanické čištění, ÚV-úprava vod srážkových, ABN-aerobní biologická nádrž

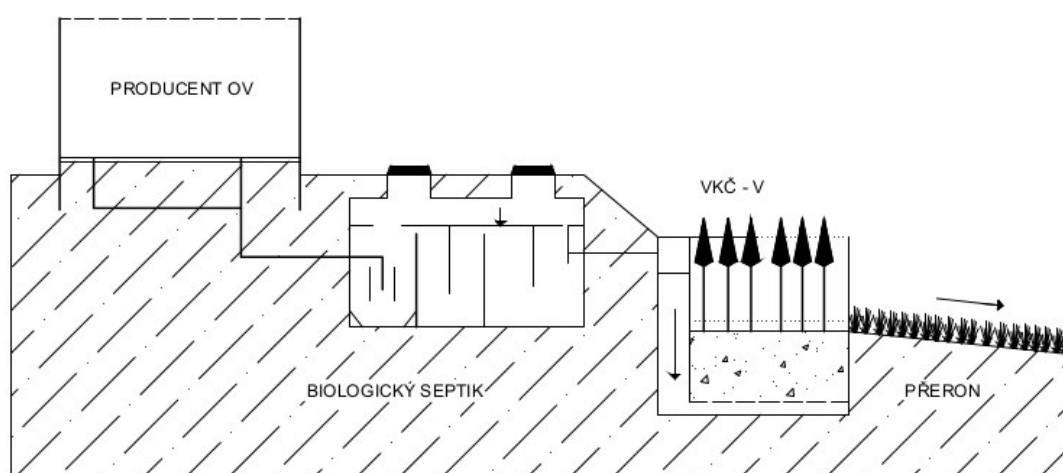
Třetí návrh dle Obr. 10 zahrnuje strojní čištění s běžným mechanicko-biologickým čištěním až po membránové čištění pomocí mikrosít. Vyrovnávací nádrž složí k vyrovnání nerovnoměrného přítoku a k akumulaci odpadní vody pro období kdy se nezavlažuje. [29]



Obr. 10 Kombinace umělého čištění se závlahou čištěnými odpadními vodami [29]

OV-odpadní vody, A1- akumulární a vyrovnávací nádrž, ČOV-čistírna odpadních vod

Čtvrtý návrh se využívá k závlaze pouze ve vegetačním období. Odpadní voda, která je čištěna v biologickém septiku a vegetační kořenové čistírně s vertikálním prouděním vzhůru, je využita k přerónové závlaze luční louky. Tento návrh je využíván například u malých rekreačních zařízení (viz. Obr 11). [29]



Obr. 11 Kombinace čištění odpadních vod z rekreačního zařízení provozovaného v letním období v biologickém septiku a vegetační kořenové čistírně se závlahou odpadními vodami [29]

VKČ-V-veg. kořenová čistírna s vertikálním prouděním směrem vzhůru

5.4 Jakost vody pro závlahu

Dle [29] a [31] určuje ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. Tabulka 4 obsahuje nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů jakosti pro jednotlivé třídy dle ČSN 75 7143. Rozdělení vhodnosti čištěných vod dle tříd:

- I. třída – Voda vhodná k závlaze, která se využívá bez omezení.
- II. třída – Voda podmíněně vhodná k závlaze, je využívána za určitých podmínek.
- III. třída - Voda nevhodná k závlaze, je používána k závlaze po dostatečné úpravě.

Tabulka 4 Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů jakosti pro jednotlivé třídy [31]

Ukazatel	Jednotka	Třída		
		I.	II.	III.
pH	-	5 až 8,5	4,5 až 9	< 4,5 a > 9
chloridy	mg/l	300	400	> 400
sírany	mg/l	250	300	> 300
hliník	mg/l	10	20	> 20
arsen	mg/l	0,05	0,1	> 0,1
kadmium	mg/l	0,01	0,02	> 0,02
bor	mg/l	0,5	1	> 1
kobalt	mg/l	0,5	1	> 1
chrom veškerý	mg/l	0,2	0,5	> 0,5
měď	mg/l	0,5	2	> 2
mangan	mg/l	3	5	> 5
molybden	mg/l	0,2	0,4	> 0,4
nikl	mg/l	0,1	0,2	> 0,2
olovo	mg/l	0,05	0,1	> 0,1
rtuť	mg/l	0,005	0,01	> 0,01
selen	mg/l	0,02	0,05	> 0,05
vanad	mg/l	0,1	0,5	> 0,5
zinek	mg/l	1	2	> 2
železo	mg/l	10	100	> 100
kyanidy	mg/l	0,4	0,5	> 0,5

S výběrem odpadní vody využívané pro závlahu úzce souvisí režim závlah, technické uspořádání závlah, ochranná opatření, stupeň čištění vod, pěstování vhodných zemědělských plodin, ochrana povrchových, podzemních vod a ovzduší. [27] [31]

5.5 Stanovení závlahových množství a velikostí zavlažované plochy

Dle [29], [33] a platné normy ČSN 75 0434 Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu, se určují hlavní parametry zavlažování.

Pro dostatečnou zásobu vláhy v půdě pro vzejití plodin je důležité stanovit velikost předvegetační závlahové dávky [m^3/ha]:

$$M_d = 100k_z \cdot (P_k - W_{mom}) \cdot h$$

W_{mom} – momentální vlhkost půdy [%], h – hloubka zavlažení [m], P_k – kapilární pórovitost

Potřebná velikost zavlažované plochy odpadními vodami [m^3/ha]:

$$S_z = \frac{(Q_r - Q_o)}{M_c}$$

Q_R – celkové množství odpadních vod včetně povrchového odtoku ze zavlažované plochy [m^3/r], Q_O – závlahově nevyužitelné množství odpadních vod [m^3/r], M_C – celkové závlahové množství $\rightarrow M_C = M_Z + M_{MV}$ [m^3/h]

5.6 Akvakultura

Je udržování a obhospodařování vodních ploch, jako jsou moře, jezera a řeky. Hlavním cílem akvakultury je dosáhnout stálého výtěžku fauny a flory žijících ve vodním prostředí. Mezi vodní organismy patří ryby, raci, krabi, mušle řasy a mnoho dalších. [34], [35]

Rizika spojená s krmením živočichů odpadními vodami nejsou prozatím zcela známa. Je však možné zdravotním onemocněním předcházet. Mezi ochranná opatření lidského zdraví je třeba zahrnout terciální čištění odpadních vod, lepší hygienické zpracování ryb, jako je sušení, solení nebo vaření před konzumací. [26]

5.7 Technologické možnosti využití tepla z odpadních vod

Lokální a centrální systémy nám napomáhají zpětně získávat teplo z odpadních vod, konkrétně z vod šedých – vody neobsahující fekálie a moč.

Lokální systém je užitečný v rodinných domech nebo u nižších aplikací, protože se zabývá aktuální spotřebou. Vychází z odebírání tepla z odtékající vody, která přehřívá studenou vodu do sprch nebo jiných zařízení. Využívané jsou dva druhy lokálních systémů: přehřev studené vody pro okamžitou spotřebu a přehřev studené vody do zásobníku teplé užitkové vody. [36]

Centrální systém je dobrou volbou tam, kde je vysoké množství šedých vod a větší množství lidí. Ideálními objekty pro tento systém jsou panelové domy, hotely a rekreační zařízení. Odběr vody je kolísavý, a proto se voda akumuluje v jímce, která je určená pro zdroj tepla zásobující primární okruh tepelného čerpadla. [36]

Velkou výhodou těchto systémů je zvýšená ochrana životního prostředí, možné znovu využití vyčištěné odpadní vody a snížení provozních nákladů. [36]

5.8 Odpadní voda pro hasební účely

V dnešní době se voda stává stále vzácnější a vzácnější. Lidé by neměli takto zbytečně vodou plýtvat a znehodnocovat její kvalitu znečištěním, když máme dostupný zdroj vody, který je zcela dostačující svou kvalitou pro takovéto případy.

Vyčištěná voda z ČOV odtéká do řeky z dosazovacích nádrží. Pokud, by byl umožněn přístup pro jednotky sboru dobrovolných hasičů, mohli by vyčištěnou odpadní vodu odebírat. Avšak v minulosti se s tímto opětovným využitím nepočítalo, tudíž ČOV nejsou na tyto odběry připraveny. Pokud by se hasičský sbor přizpůsobil terénním podmínkám, bylo by možné čerpat vodu na odtoku z ČOV. Velkou výhodou je územní rozmístění čistíren, protože se nacházejí v podstatě v každém městě. [37]

Nevýhodou je výskyt koliformních bakterií, enterokoků a *Escherichia coli* ve vodě, mohli by ohrozit zdraví hasičů. Při běžném užívání, by mělo docházet k nízkému kontaktu s vodou společně s dodržováním hygieny. V tomto případě by nemělo dojít ke zdravotním komplikacím. [38]

5.9 Čistírna odpadních vod AS-TOP WASH

Pro myčku osobních vozidel je navržena konkrétní čistírna (viz. Obr. 12), která funguje nepřetržitě. V akumulční nádrži, kde se shromažďuje vyčištěná odpadní voda, je hladinový snímač, který je nainstalovaný v podpodlahové čerpací jímce. Funkce ČOV se zapne automaticky, v případě je-li nedostatek přečištěné odpadní vody v akumulční nádrži, pomocí podzemní čerpací jímky, která čerpá odpadní vodu do čistírny. Vodu tak lze opětovně využívat k mytí vozidel, případně pokud nám to místní podmínky dovolují, může být zpětně vypouštěna do kanalizace. [39]



Obr. 12 AS - TOP WASH [39]

5.10 Zpětné využití šedé vody v budovách

Šedou vodu odebíráme ze sprch, umyvadel a praček v budově. Po důsledné úpravě je možné vodu využít například k praní prádla, splachování toalet, zalévání zahrad nebo mytí vozidel. [40]

- Ve Francii byly zavedeny zkušební suché pisoáry. Pisoáry obsahují piliny nebo slámu, přičemž přeměňují moč v hnojivo, které se dále využívá k hnojení na zahradě. [41]

- Velký problém se suchem hlásí Kalifornie, a proto odpadní vody využívají ve velké míře. [42]
- Zhruba 90 % vyčištěných odpadních vod využívá Izrael, který využívá kapkové závlahy a je příkladem pro všechny státy (viz. Obr. 13). [42]
- Ve velké míře se v severní Evropě využívají separační toalety, aby se neplýtvalo pitnou vodou

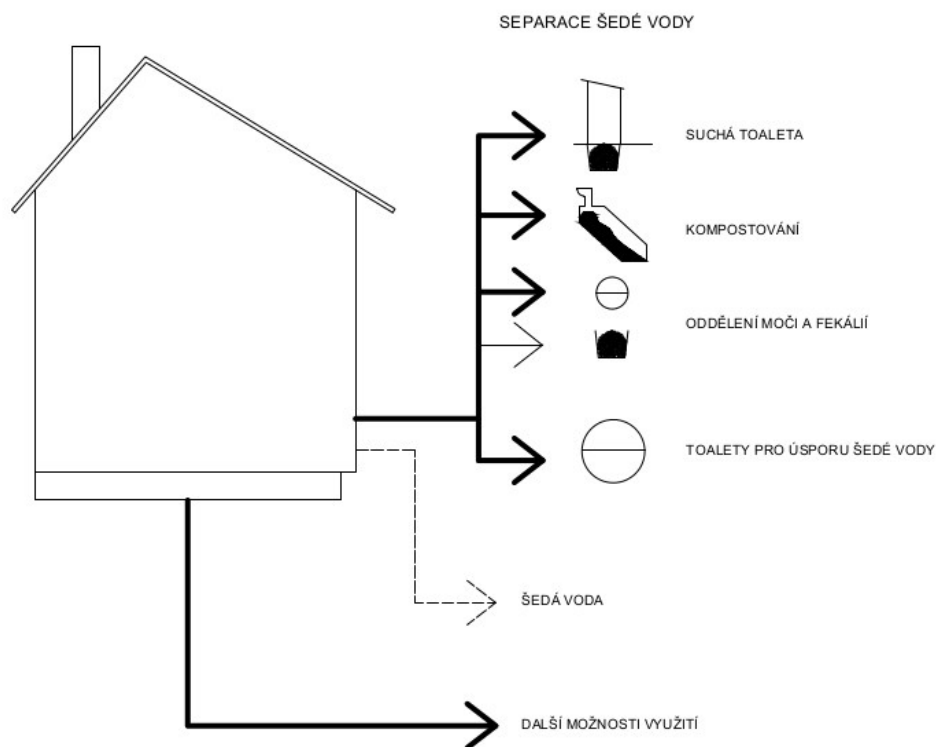
S myšlenkou efektivnějšího využívání vyčištěných odpadních vod se ztotožňuje i Česká republika, která v obecné rovině podporuje návrhy Evropské komise. Hlavním cílem je snížení nadměrného využívání vodních zdrojů. [43]



Obr. 13 Kapková závlaha Izrael [44]

5.11 Pit toilets

Pit toilets jsou takzvané suché toalety. Skládají se z otvoru v zemi, který je možno vyztužit výztuží. Doba používání toalety je různá, pohybuje se mezi 5 až 30 léty. Je zejména ovlivněna konstrukcí, frekvencí a množstvím osob, které využívají toaletu. Důležité je, aby jáma s fekáliemi nepřišla do styku s podzemní vodou, dále je nutné fekálie v pravidelných časových intervalech odvážet a jámu vyprazdňovat. Dle Obr. 14 je nutné separovat vodu z toalet a domácích spotřebičů. [45], [46]



Obr. 14 Separační systém [45]

6 MOŽNOSTI DOČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z ČOV

Hlavním cílem dočištění odpadních vod, je zvýšení výsledného čistícího účinku, a jakosti vody před následným využitím. Intenzivní technologie, což jsou například membránové vestavby, se využívají pro dočištění větších zdrojů. Naopak přírodní technologie, z důvodu nižších finančních nákladů, se využívají pro malé zdroje. [29]

Dle [29] se terciální čištění odpadních vod zavádí zejména v těchto případech:

- Před vypouštěním je požadován vyšší stupeň čištění za účelem odstranění nutrientů.
- Je požadována zvýšená kvalita vody.
- K požadovanému vyčištění nestačí dvoustupňové uspořádání čistírny.
- Konkrétní netypické znečištění, které běžná ČOV není schopna odstranit.
- Vodu je třeba hygienicky zabezpečit.

6.1 Dočištění – odstranění nerozpuštěných látek

Nerozpuštěné látky lze odstranit různými možnostmi a pomocí různých zařízení. Velkou skupinou jsou pískové filtry, které jsou obdobné jako filtry na úpravu vody v bazénech. Zemní filtry se dále dělí podle uspořádání a proudění na vertikální, horizontální, s vegetací a bez vegetace. [29]

Membránová vestavba je zařízení umístěné přímo ve stávajícím objektu, je schopna zabezpečit až 100% odstranění nerozpuštěných látek. Sníží se i množství vypouštěných nutrientů, tím že odstraní nerozpuštěné látky. Její použití je prověřené v aerobních podmínkách biologické části. [29]

Mikrosíta jsou strojní zařízení, které se na ČOV využívají k separaci vloček kalu, na otáčejícím se filtračním bubnu. Další oblasti využití jsou v potravinářském průmyslu, výrobě papíru, celulosy, zpracování umělých hmot a kovů. [29], [47]

6.2 Dočištění - odstranění rozpuštěných látek

Živiny lze odstraňovat pomocí chemického srážení, kdy zařízení dávkuje připravený chemický roztok do aktivace ze zásobní nádrže. [29]

Další možností je sorpce, kdy jedna vrstva dokáže vázat prvky. Jedním z příkladů jsou zeolity, které jsou schopny vázat amoniak [17], [29], [47]

Využití iontové výměny je výhodnější než sorpce, protože náplň iontoměniče je schopna regenerace – náplň je možné použít vícekrát. [17], [29]

Mezi další možnosti čištění lze navrhnout elektrochemické reakce a přírodní způsoby. [29]

6.3 Voda k zavlažování

Vyčištěná odpadní voda využívaná k zavlažování by měla podporovat růst rostlin, splňovat limitní hodnoty a neměla by jakýmkoliv způsobem ovlivňovat přírodní prostředí. Především při zavlažování zemědělských plodin, je třeba zabezpečit nezávadnost závlahové vody. [47]

Za tímto účelem využíváme chlór a jeho sloučeniny, ultrafialové záření a ozón. Chlór se využívá jen v určitých případech, kvůli vysokému obsahu zbytkového chlóru.

Využití ozónu je nákladné, a proto nejlepší alternativou je ultrafialové záření, které působí toxicky na viry, bakterie, kvasinky a plísňe. Tabulka 5 obsahuje letální dávky UV záření. [30], [49]

Tabulka 5 Letální dávky UV [30]

Druh bakterie	Dávka UV záření [W·S/cm]
Bacillus anthracis	8 700
Bacillus paratyphosus	6 100
Clostridium tetani	22 000
Eberthella typhi	4 100
Escherichia coli	6 600
Mycobakterium tuberculosis	10 000
Salmonella	10 000
Dysentery bacilli	4 200
Staphylococcus albus	5 720
Strephococus lactis	8 800

Dle [10] a [32] při jakémkoliv opětovném využívání odpadních vod k zavlažování, musí voda splňovat podmínky:

- Dávky odpadní vody nesmí vniknout a ohrozit jakost podzemních, povrchových vod.
- Dávky jsou dodávány jen v určitém množství, kdy nedojde k překročení obsahu závlahové vody v půdě.
- Závlahové dávky odpadní vody se aplikují ve vegetačním období.
- Dávky odpadní vody, aby nebyly aplikovány do povrchové vody, jsou používány mimo srážkové období.
- Do sněhové nebo ledové pokrývky, nesmí být aplikovány jednotlivé závlahové dávky odpadní vody na pozemcích.

- Množství a jakost dávkované odpadní vody musí vycházet z jednotlivých druhů zemědělských rostlin.

7 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Během návštěvy a konzultace s vedoucím mé práce, mně byla nabídnuta možnost odebrat vzorky odpaní vody z Ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě a čistírny odpadních vod v Havířově.

7.1 ČOV Havířov

Statutární město Havířov se nachází na okraji ostravsko-karvinské průmyslové oblasti. V oblasti Havířova protékají menší říčky, potoky a řeka Lučina.

V roce 1960 byla čistírna vybudována, její rekonstrukce proběhla naposledy v roce 2005. Ročně vyčistí více než 16,2 milionu m³ odpadních vod. Projektovaná kapacita ČOV Havířov je 103 000 ekvivalentních obyvatel. Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu, která čistí odpadní vody z Havířova, Horní Suché a Šenova. Na Obr. 15 je vývoz kalu z ČOV Havířov. [50]



Obr. 15 Kal na ČOV Havířov [foto: Denisa Novočková, 2018]

7.2 ÚČOV Ostrava

Město Ostrava leží na soutoku řek Ostravice, Odry, Opavy, a Lučiny. Ústřední čistírna odpadních vod na Obr. 16 byla pro toto město vybudována v roce 1996 v Ostravě – Přívoze a nahradila značně přetížené čistírny v Přívoze, Třebovicích a Zábřehu. Projektovaná kapacita ÚČOV Ostrava je 638 850 ekvivalentních obyvatel. [13], [51]

„Zde jsou přiváděny odpadní vody z centra města Ostravy, Slezské Ostravy, Muglinova, Kunčic, Kunčiček, Šenova, Přívozu, Moravské Ostravy, Vítkovic, Mariánských Hor a Hulváků, Nové Vsi, Polanky, Proskovic, Klimkovic, Vřesiny, Staré Vsi nad Ondřejnicí, Zábřehu, Hrabové, Výškovic, Hrabůvky, Dubiny, Bělského lesa, Nové a Staré Bělé, Hošťálkovic, Lhotky, Petřkovic, Ludgeřovic, Markvartovic, Martinova, Poruby, Pustkovce, Plesné, Třebovic a Svinova a rovněž odpadní vody z Vratimova.“ [13], [51]

Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu, která čistí odpadní vody na území města Ostravy od většiny obyvatelstva, dále také vody z potravinářského průmyslu, z ostatních průmyslů po předčištění, fenolčpavkové vody z koksoven Svoboda a Jan Šverma, [13], [51]



Obr. 16 Letecký snímek ÚČOV Ostrava [51]

8 ODBĚR VZORKŮ A JEJICH ANALÝZA

Tato část bakalářské práce je věnována popisu sledovaných ukazatelů jakosti odpadních vod (viz. Tabulka 6). V rámci půl ročního odebrání vzorků na ÚČOV Ostrava a ČOV Havířov. Hodnoty koncentrací, sledovaných ukazatelů, jsou měřeny z hlediska podpory růstu daných plodin pěstovaných na zemědělské půdě.

Tabulka 6 Stanovené a měřené ukazatele

Ukazatel	Jednotky
CHSK _{Cr}	[mg/l]
BSK ₅	[mg/l]
C _m (NL)	[g/l]
pH	/
Dusitany	[mg/l]
Dusičnany	[mg/l]
Amoniakální dusík	[mg/l]
Celkový fosfor	[mg/l]
Ortoforečnany	[mg/l]

Způsob odběru vzorků se řídí účelem rozboru, druhem vody a typem odebíraného vzorku. Celková analýza odpadní vody určuje množství odebíraného vzorku vody. Odpadní voda je odebírána do speciálních polyethylenových vzorkovnic.

Vzorek se hodnotí samostatně a odebírá se pouze jednou v případě, že se jedná o jednorázový odběr vody. Větší množství vzorků se odebírá při řádových odběrech, poté se výsledky zpracovávají statisticky. Bodový vzorek je odebírán ve zvoleném místě, přičemž smíšením objemů bodových vzorků vzniká vzorek směsný.

8.1 Časový harmonogram

Odběry vzorků byly prováděny jednou měsíčně (viz. Tabulka 7) po dobu šesti měsíců, vždy kolem 7:00h ráno. Odběr bodového vzorku byl ruční, pomocí odběráku na vzorky, který je na Obr. 17. Na každé čistírně odpadních vod byl odebírán pouze jeden vzorek, a to konkrétně z odtoku čistírny do 2 l plastové vzorkovnice. Během jednoho dne,

byly prováděny odběry vzorků i následné stanovení těchto vzorků v laboratoři. Analýzy vzorků vod byly prováděny dle technologických návodek Laboratoře technologie a hospodaření s vodou Katedry environmentálního inženýrství. Jednalo se o stanovení: CHSK_{Cr} , BSK_5 , dusičnanů, dusitanů, amoniakálního dusíku, ortofosforečnanů, celkového fosforu, gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek, analýza vybraných solí a analýza těžkých kovů.

Tabulka 7 Termíny jednotlivých odběrů

- | | |
|----------------|---------------|
| • 25. 10. 2018 | • 16. 1. 2019 |
| • 30. 11. 2018 | • 22. 2. 2019 |
| • 12. 12. 2018 | • 15. 3. 2019 |



Obr. 17 Odběr vzorků [foto: Novočková, 2019]

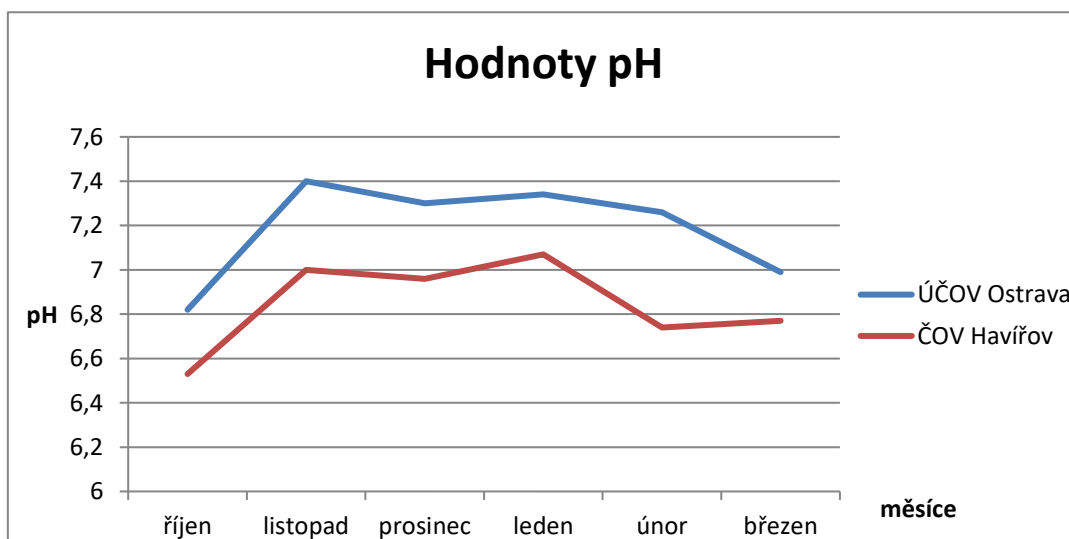
8.2 Stanovení pH

Hodnota pH odpadní vody byla určována v laboratoři jako první, pomocí pH-metru wtw 330i. Naměřené hodnoty byly zapsány do Tabulky č. 8.

Tabulka 8 Hodnoty pH

Měsíc	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
říjen	6,82	6,53
listopad	7,40	7,00
prosinec	7,30	6,96
leden	7,34	7,07
únor	7,26	6,74
březen	6,99	6,77

Z výsledků měření jednotlivých vzorků, zaznamenaných do Grafu č. 1, je zřejmé, že se hodnoty Ph od sebe příliš neliší.



Graf 1 Hodnoty pH

8.3 CHSK_{Cr}

Dále bylo měřeno CHSK_{Cr} – chemická spotřeba kyslíku dichromanem (viz. Tabulka 9). Dichroman se výhradně využívá pro stanovení odpadních vod jako oxidační činidlo.

Tabulka 9 Hodnoty CHSK_{Cr}

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	20,43	17,59
listopad	61,83	33,45
prosinec	66,22	25,37
leden	45,17	23,71
únor	74,61	28,44
březen	30,89	27,67

Hodnoty CHSK_{Cr} splňují maximální přípustnou hodnotu dle Tabulky č. 3.

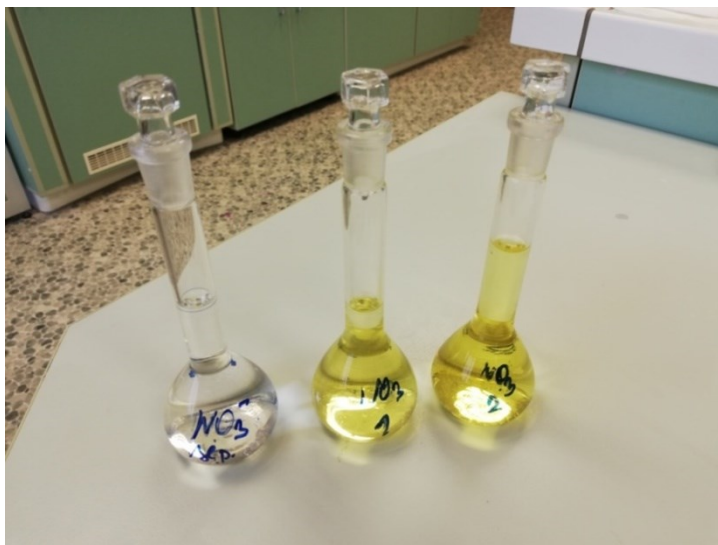
8.4 Stanovení dusičnanů

V odpadní vodě bylo dále zjišťováno množství dusičnanů (viz. Obr 18). NO₃ jsou soli kyseliny dusičné (HNO₃). Jsou dobře rozpustné ve vodě a ve vyšších teplotách působí jako silná oxidační činidla. Redukují se například s vodíkem a s látkami vykazujícími silné redukční vlastnosti.

Tabulka 10 Hodnoty dusičnanů

Měsíc	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	20,80	38,00
listopad	19,00	26,40
prosinec	14,60	26,20
leden	14,40	24,00
únor	8,00	21,80
březen	11,40	20,20

V Tabulce č. 10 jsou zaznamenány koncentrace dusičnanů v odpadní vodě. Z tabulky je zřejmé, že nejmenší hodnota byla naměřena na obou čistírnách v měsíci únoru. Nejvyšší hodnota byla naměřena v měsíci říjnu.



Obr. 18 Stanovení dusičnanů [foto: Novočková, 2019]

8.5 Stanovení celkového fosforu

Fosfor se nejčastěji vyskytuje ve formě ortofosforečnanů PO_4^{3-} . Na ČOV se dostává kanalizací z lidské moči ve formě močoviny a je běžně odstraňován chemicky nebo biologicky.

Tabulka 11 Hodnoty celkového fosforu

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	1,66	2,32
listopad	0,59	2,15
prosinec	0,88	2,93
leden	0,91	2,12
únor	1,11	1,43
březen	0,55	1,76

Hodnoty celkového fosforu v Tabulce 11 splňují maximální přípustnou hodnotu dle Tabulky č. 3.



Obr. 19 Stanovení celkového fosforu [foto: Novočková, 2019]

Na Obr. 11 je zobrazen celkový fosfor v laboratoři.

8.6 Stanovení dusitanů

Dusitany (viz. Obr. 20) společně s dusičnany se vyskytují také na ČOV, v procesu zvaném denitrifikace, kde jsou redukovány a uvolňovány ve formě N_2 do atmosféry.

Tabulka 12 Hodnoty dusitanů

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	2,55	0,10
listopad	1,35	0,75
prosinec	1,05	0,35
leden	1,80	0,90
únor	0,31	0,21
březen	0,18	0,15

Z Tabulky č. 12 je zřejmé, že se koncentrace dusitanů pohybují v intervalu 0,3 mg/l – 2,5 mg/l.



Obr. 20 Stanovení dusitanů [foto: Novočková, 2019]

8.7 Stanovení amoniakálního dusíku

Amoniak je ve vodě velmi dobře rozpustný, vlivem tvorby vodíkových můstků mezi molekulami amoniaku a vody. Ke stanovení amoniakálního dusíku v odpadních vodách se využívá Nesslerova činidla a absorpční spektrofotometrie (viz. Obr 21).

Tabulka 13 Hodnoty amoniakálního dusíku

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	11,05	1,09
listopad	6,10	4,44
prosinec	6,45	9,80
leden	10,41	1,50
únor	13,60	1,08
březen	5,72	3,74

Nejmenší hodnoty dle Tabulky 13 amoniakálního dusíku byly naměřeny v měsíci březnu na obou čistírnách. Na ÚČOV Ostrava byla naměřena nejvyšší hodnota 11,05 mg/l a to v měsíci říjnu. Na ČOV Havířov byla zjištěná nejvyšší hodnota 9,80 mg/l v prosinci.



Obr. 21 Stanovení amoniakálního dusíku [foto: Novočková, 2019]

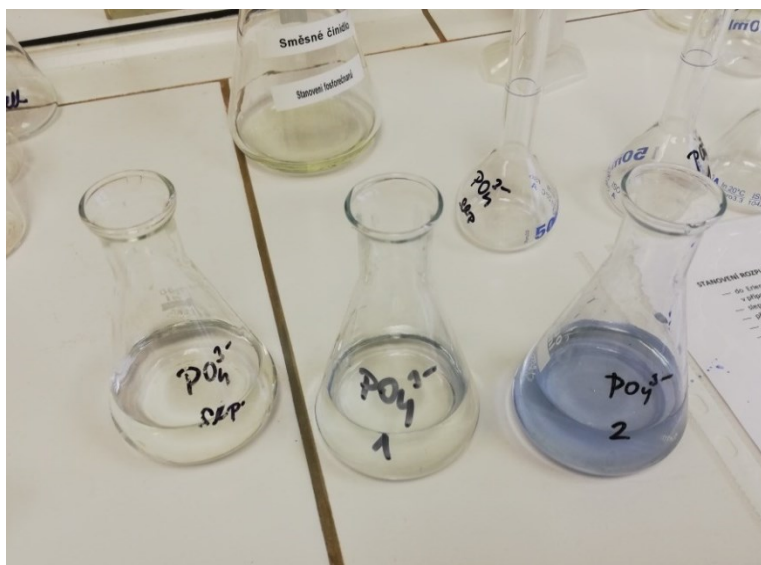
8.8 Stanovení ortofosforečnanů

Ortofosforečnany lze najít ve vodě v několika formách. Jsou to například formy jednoduché, komplexní nebo iontové. Nejčastější výskyt v odpadních vodách je forma PO_4^{3-} (viz. Obr 22).

Tabulka 14 Hodnoty ortofosforečnanů

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	2,75	5,60
listopad	2,55	4,40
prosinec	2,40	5,50
leden	0,55	4,70
únor	0,10	4,70
březen	0,16	3,05

Hodnoty ortofosforečnanů se pohybují v rozmezí 0,1 mg/l – 5,6 mg/l v Tabulce 14.



Obr. 22 Stanovení ortofosforečnanů [foto: Novočková, 2019]

8.9 BSK₅

BSK₅ je hodnota vyjadřující obsah biologicky rozložitelných organických látek v odpadních vodách. Je rovna množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za určitý časový interval mikroorganismy při rozkladu organických látek ve vodě (viz. Obr. 23).

Tabulka 15 Titrace BSK₅, říjen 2018

Vzorek	Den	Vk-Objem láhve [ml]	Číslo láhve	Ve-Spotřeba při titraci [ml]	cm(O ₂) [mg/l]
Slepý pokus	0.	278,28	219	5,85	1,706
Slepý pokus	5.	280,29	227	5,83	1,688
ÚČOV Ostrava	0.	309,20	474	5,82	1,526
ÚČOV Ostrava	5.	282,09	228	2,32	0,667
ČOV Havířov	0.	295,53	306	5,69	1,561
ČOV Havířov	5.	296,33	982	4,38	1,199

Tabulka 15 obsahuje objemy a čísla jednotlivých kyslíkových lahví. Dále také spotřebu při titraci a množství koncentrace rozpuštěného kyslíku.

8.9.1 Výpočet koncentrace rozpuštěného kyslíku:

$$c_m(O_2) = \frac{V_e \cdot f_t \cdot c(Na_2S_2O_3) \cdot M_{O_2} \cdot 10^3}{V_k - V_{\check{c}}}$$

$c_m(O_2)$ hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku [mg/dm³]

V_e spotřeba odměrného roztoku thiosíranu sodného, při titraci vzorku [ml]

f_t titrační přepočítávací faktor pro jodometrické stan. rozp. O₂ $f_t=1/4$

$c(Na_2S_2O_3)$ látková koncentrace odměrného roztoku thiosíranu sodného [mol/dm³] = 0,01

M_{O_2} molární hmotnost O₂ = 32 [g/mol]

V_k objem kyslíkové láhve

$V_{\check{c}}$ celkový objem činidel přidaných při fixaci do kyslíkové láhve [ml]
(2 ml-srážecí roztok síranu manganatého, 2 ml-srážecí roztok hydroxidu draselného s jodidem a azidem.)

a.) pro vzorky ÚČOV Ostrava a ČOV Havířov

$$BSK_5 = \frac{c_{m0}(O_2) - c_{m5}(O_2) - [BSK'_5(10^3 - V_v) \cdot 10^{-3}]}{V_v \cdot 10^{-3}}$$

BSK_5 pětidenní biochemická spotřeba kyslíku vzorku vody (mg/l)

BSK'_5 pětidenní biochemická spotřeba kyslíku zředovací vody (mg/l).
Vypočítá se podle vzorce a) pro koncentrace rozpuštěného kyslíku ve zředovací vodě nultý a pátý den.

BSK''_5 pětidenní biochemická spotřeba kyslíku inokula (mg/l), vypočítá se podle vzorce b) pro koncentrace rozpuštěného kyslíku zjištěné pro vzorek inokula ředěného zředovací vodou

- $c_{m0}(O_2)$ hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku nebo v ředěném vzorku nultý den (mg/l)
- $c_{m5}(O_2)$ hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody nebo ředěném vzorku po pěti dnech inkubace (mg/l)
- V_v objem původního vzorku vody v 1 l zředěného vzorku (ml)

Tabulka 16 Hodnoty BSK₅

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[mg/l]	[mg/l]
říjen	4,223	1,394
listopad	4,474	1,454
prosinec	2,944	1,049
leden	3,377	1,917
únor	2,963	2,907
březen	2,923	2,897

Hodnoty BSK₅ v Tabulce 16 splňují maximální přípustnou hodnotu dle Tabulky č. 3.



Obr. 23 Stanovení BSK₅ [foto: Novočková, 2019]

8.10 Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek

ÚČOV Ostrava:

- Hmotnost misky, filtru: 45,3124 g
- Hmotnost misky a vysušeného vzorku na filtru: 45,3137 g

ČOV Havířov:

- Hmotnost misky, filtru: 47,8676 g
- Hmotnost misky a vysušeného vzorku na filtru: 47,8691 g

$$c_m(NL) = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^6}{V_0}$$

$c_m(NL)$ koncentrace (sušiny) nerozpuštěných látek (mg/l)

V_0 objem filtrovaného vzorku (ml). 100 ml

m_1 hmotnost filtru s nerozpuštěnými látkami po vysušení (g),

m_2 hmotnost vysušeného filtru (g),

Tabulka 17 Hodnoty $C_m(NL)$

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov
jednotky	[g/l]	[g/l]
říjen	13,00	15,00
listopad	18,00	17,00
prosinec	14,00	13,00
leden	5,00	4,00
únor	8,60	14,30
březen	6,00	9,00

Hodnoty $C_m(NL)$ v Tabulce 17 splňují maximální přípustnou hodnotu dle Tabulky 3.

8.11 Analýza vzorků dle požadované normy

S ohledem na požadavky normy ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. V měsíci březnu byly stanoveny další koncentrace vybraných ukazatelů (viz. Tabulka 18).

Tabulka 18 Prvky stanovené v měsíci březnu

	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov	Legislativa
jednotky	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
chloridy	189,319	100,331	300,0
sírany	183,0	47,0	250,0
mangan	0,46	0,22	3,0
železo	0,06	0,11	10,0
chrom veškerý	> 0,01	> 0,01	0,20
hliník	0,26	0,2	10,0

Naměřené hodnoty z jednotlivých čistíren se zdaleka nepřibližují maximálním povoleným hodnotám dle Tabulky 4.

Stanovení chloridů

Chloridy patří mezi základní anionty, které se vyskytují ve vodách. V laboratoři byly stanoveny argentometricky (viz. Obr. 24).

Výpočet:

$$C_{Cl} = \frac{C_{AgNO_3} \cdot (V_t - V_{sl}) \cdot f_t \cdot 10^3}{V_{vz}}$$

C_{AgNO_3} koncentrace odměrného roztoku $AgNO_3$ (0,05 mol/l)

V_t spotřeba odměrného roztoku $AgNO_3$ na titraci vzorku [ml]

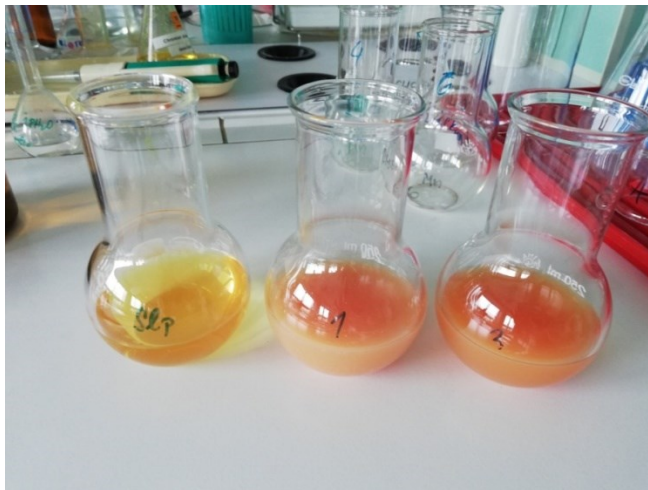
V_{sl} spotřeba odměrného roztoku $AgNO_3$ na titraci sl. stanovení [ml]

V_{vz} objem vzorku použitý pro stanovení [ml]

f_t titrační faktor (1)

$$C_{m(Cl)} = C_{(Cl)} \cdot M_{Cl}$$

$$M_{Cl} = 35,453 \text{ g/mol}$$



Obr. 24 Titrace chloridů [foto: Novočková, 2019]

Stanovení síranů

V odpadní vodě bylo také zjišťováno množství síranů. Sírany byly stanovovány spektrofotometricky rychlotestem tzv. pocket metodou.

Stanovení manganu

Mangan byl převeden na manganistan a poté byl určován absorpční spektrofotometrií.

Stanovení veškerého železa

Obsah železa byl určován absorpční spektrofotometrií po reakci s thiokyanatanem.

Stanovení veškerého chromu

Hodnoty veškerého chromu byly zjišťovány absorpční spektrofotometrií po reakci s difenylkarbazidem.

Stanovení hliníku

Koncentrace hliníku byla opět zjišťována absorpční spektrofotometrií po reakci s eriochromcyaninem R (viz. Obr. 25).



Obr. 25 Stanovení hliníku [foto: Novočková, 2019]

8.12 Analýza těžkých kovů

Vybrané těžké kovy byly opět stanoveny v měsíci březnu, dle ČSN 75 7143, dvěma metodami. První metodou je plamenová AAS. Principem Atomové absorpční spektrometrie je absorpce záření volnými atomy sledovaného prvku. Druhou metodou je ICP - MS. Metoda ICP – MS je založena na analýze iontů měřených prvků.

Ve školní laboratoři byly stanoveny tyto prvky:

Tabulka 19 Další kovy

Metoda	Prvek	ÚČOV Ostrava	ČOV Havířov	Limitní hodnoty	Jednotky
ICP-MS	As	0,00330	0,00195	0,05	mg/l
ICP-MS	B	0,187	0,0698	0,50	mg/l
AAS	Cd	< 0,002	< 0,002	0,01	mg/l
AAS	Co	< 0,05	< 0,05	0,50	mg/l
AAS	Cu	0,008	0,008	0,50	mg/l
ICP-MS	Mo	0,00462	0,00064	0,20	mg/l
AAS	Ni	0,018	< 0,01	0,10	mg/l
AAS	Pb	< 0,01	< 0,01	0,05	mg/l
ICP-MS	Se	0,00257	0,00197	0,02	mg/l
ICP-MS	V	0,00012	0,00090	0,10	mg/l
AAS	Zn	0,066	0,028	1,00	mg/l

Limitní hodnoty – nejvyšší možné přípustné hodnoty vody vhodné k zálaze, která se využívá bez omezení

Naměřené hodnoty těžkých kovů z jednotlivých čistíren v Tabulce 19 se zdaleka nepřibližují maximálním povoleným hodnotám dle Tabulky 4.

9 ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo navrhnout možnosti využívání vyčištěných odpadních vod z ČOV. V rámci práce proběhl půl roční monitoring odpadních vod, kdy byly vzorky odebírány jednou měsíčně z odtoku ÚČOV Ostrava a ČOV Havířov, které byly následně vyhodnoceny v laboratoři.

Obsah látek v odpadní vodě byl posuzován na základě fyzikálně – chemických ukazatelů: CHSK_{CR} , Dusičnanový dusík, Celkový fosfor, Dusitanový dusík, Amoniakální dusík, Ortofosforečnany, BSK_5 , Nerozpuštěné látky, Soli a některé Těžké kovy. Hodnoty koncentrací, sledovaných ukazatelů, jsou měřeny z hlediska podpory růstu daných plodin pěstovaných na zemědělské půdě. Následně bylo vyhodnoceno, zda je odpadní voda z ČOV vhodná k závlaze. V diplomové práci bude dále posouzeno množství mikrobiologického znečištění.

Výsledky jednotlivých měření byly přehledně zpracovány do tabulek a experimenty jsou viditelné na obrázcích. Během půlročního zkoumání vzorků mohlo dojít ke zkreslení výsledků, vlivem deštivého počasí během jednotlivých odběrů. Avšak z porovnání mnou stanovených výsledků a výsledků z tabulek č. 3. a č. 4 vyplývá, že koncentrace ukazatelů splňují všechny stanovené limity. Vyčištěná odpadní voda je vhodná pro závlahu.

Jelikož rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly nepatrné, jako nejvhodnější možnost dalšího využívání odpadních vod z ČOV, bylo určeno zavlažování rostlin. Mezi plodiny, které lze zavlažovat vyčištěnou odpadní vodou, se například řadí červená řepa, chřest a paprika.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. CO JE GLOBÁLNÍ ZMĚNA KLIMATU?. *Změna klimatu* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <https://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta/zmena-klimatu>
2. *Vývoj klimatu v minulosti: VÝVOJ KLIMATU V POSLEDNÍM TISÍCÍLETÍ* [online]. Praha [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap04.pdf?fbclid=IwAR0KyCEEja8uHCRYZ-s-gNrLIN6H_EY-eAEnl7PCZfjszSr3Rb0tMLqvCI8
3. TRNKA, M., Z. ŽALUD, P. HLAVINKA a L. BARTOŠOVÁ. *KLIMATICKÝ SYSTÉM ZEMĚ: Základní fakta* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně a CzechGlobe - Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i, [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://www.klimatickazmena.cz/download/5f5ddfa86222a67c6ac7f74ed04251a9/1.%20kapitola_klimaticky%20system%20zeme.pdf
4. MEZIVLÁDNÍ PANEL PRO ZMĚNU KLIMATU (IPCC). *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, 2015 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/mezivladni_panel_pro_zmenu_klimatu
5. ÚZEMNÍ TEPLoty. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
6. NEČASOVÁ, Hana. Prognózy na další desetiletí: sucho, vysoké teploty i jiný charakter krajiny. *SOVAK*. Praha, 2017, 17(7-8), 64. ISSN 1210-3039.
7. VLNAS, Radek. *Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR* [online]. Praha: VÚV TGM, 2018 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2018/10/navrh-obsahu-planu-pro-zvladani-sucha-a-nedostatku-vody-v-cr-2>
8. MONITORING SUCHA. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho>
9. ČR. Vyhláška č. 450/2005 Sb.: Vyhláška o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků. In: *Sbírka zákonů*. 158/2005.

10. ČR. Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. 98/2001.
11. VRÁNA, Michal. *Odpadní vody* [online]., [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.vakvs.cz/userfiles/admin/files/pro_skoly/odpadni_vody.pdf
12. ČR. Zákon č. 185/2001 Sb.: Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 71/2001.
13. KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2389-8.
14. ODPADNÍ VODY. *Vítejte na Zemi* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/slovník/index.php?article=133>
15. BINDZAR, Jan, Václav JANDA, Pavel JENÍČEK, Iveta RŮŽIČKOVÁ a Nina STRNADOVÁ. *Základy úpravy a čištění vod*. 1. Praha: VŠCHT, 2010, s. -251. ISBN 978-80-7080-729-3.
16. DRABINOVÁ, Silvie a David KUNSSBERGER. DRUHÝ ODPADNÍCH VOD. *Poradme.se* [online]. 2015 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://poradme.se/index.php/Druhy_odpadn%C3%ADch_vod
17. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 1999. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-708-0340-1.
18. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Sbírka zákonů*. 166/2015.
19. KUČEROVÁ, Radmila, Peter FEČKO a Barbora LYČKOVÁ. ÚPRAVA A ČIŠTĚNÍ VODY. *Homen.vsb* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/materialy/Radka_2010/

20. KYNCL, Miroslav. *Technologie, zpracování a využití vodárenských kalů: monografie*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1604-3.
21. CHUDOBA, Jan, Jiří WANNER a Michal DOHÁNYOS. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. Praha: SNTL, 1991. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-030-0611-2.
22. DOLEJŠ, P. *Příručka pro čištění a úpravu vody*. Přerov: KEMIFLOC, 1996.
23. VODA. *Eagri* [online]. [cit. 2019-01-29]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/smernice-rady-o-cistení-mestських/>
24. ČR. Zákon č. 274/2001 Sb.: Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Sbírka zákonů*
25. AMBIKA, S. R. a P. K. AMBIKA. Crop growth and soil properties affected by sewage water irrigation - a review. *Agricultural Reviews* [online]. 2010, **31**(3), 203-209 [cit. 2018-10-24]. ISSN 02531496. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&an=60954650&scope=site>
26. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. 1. Switzerland: WHO, 2006. ISBN 92-4-154682-4.
27. ZHANG, Yucui a Yanjun SHEN. Wastewater irrigation: past, present, and future. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. DOI: 10.1002/wat2.1234. ISSN 20491948. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/wat2.1234>
28. MALKIN, Elisabeth. Fears That a Lush Land May Lose a Foul Fertilizer. *The New York Times* [online]. America, 2010, May 4, 2010 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2010/05/05/world/americas/05mexico.html>
29. ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
30. ŠÁLEK, Jan. *Závlahové stavby*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0497-3.
31. ČR. ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vody pro závlahu. In: *Sbírka zákonů*

32. KRÁTKÝ, Michal. *Závlahy a jejich perspektiva: sborník příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 18.-19. 3.2015*. Praha: [Český hydrometeorologický ústav], [2015]. ISBN 978-80-87577-47-9.
33. ČR. ČSN 75 0434: Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. In: *Sbírka zákonů*
34. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater and excreta use in aquaculture*. 3. Switzerland: WHO, 2006. ISBN 92-4-154684-0.
35. FLAJŠHANS, Martin. REPRODUKČNÍ A GENETICKÉ POSTUPY PRO UCHOVÁNÍ BIODIVERZITY RYB A AKVAKULTURU. *Frov.jcu* [online]. Fakulta rybářství a ochrany vod ve Vodňanech, 2014 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <http://www.frov.jcu.cz/cs/jihoceske-vyzkumne-centrum-akvakultury-a-biodiverzity-hydrocenoz-cenakva/vp2-menu>
36. BARTONÍK, Adam. RECYKLACE TEPLA V BUDOVÁCH - ŠEDÉ VODY. *Asio* [online]. 27. 1. 2012 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody>
37. MACHT, Karel. *Požární taktika: Hašení vodou, vodní proudy, proudnice*. Praha: MV- generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.
38. ČR. Vyhláška č. 252/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: *Sbírka zákonů*. 82/2004.
39. ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD AS-TOP WASH. *Asio* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-top-wash>
40. SPLACHOVAT PITNOU VODOU JE BARBARSTVÍ. *Idnes* [online]. 16. 1. 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/diskusni-porad-rozstrel-s-ministrem-zivotniho-prostredi-richardem-brabcem.A170116_141237_ekonomika_fih

41. FRANCIE TESTUJE EKOLOGICKÉ PISOÁRY, KTERÉ NEPOTŘEBUJÍ NAPOJENÍ NA KANALIZACE. *Tretiruka* [online]. 2. 1. 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/francie-testuje-ekologicke-pisoary-kttere-nepotrebuji-napojeni-na-kanalizace/>
42. PLOTĚNÝ, Karel. Závlaha odpadními vodami a naše současná legislativa. *Vodní hospodářství*. Bohumilice: Vodní hospodářství, spol. s r.o., 2016, **66**(10), 28.
43. BERÁNKOVÁ, Martina, Dagmar VOLOŠINOVÁ, Lada STEJSKALOVÁ a Elžbieta ČEJKOVÁ. V ČR SEZAČALO VYUŽÍVÁNÍ TZV. ŠEDÝCH VOD SKLOŇOVAT VE VŠECH PÁDECH. *Tzbinfo* [online]. Praha: VÚV TGM, v.v.i, 7. 8. 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16101-v-cr-se-zacalo-vyuzivani-tzv-sedych-vod-sklonovat-ve-vsech-padech>
44. SCHUSTER, Ruth. The Secret of Israel's Water Miracle and How It Can Help a Thirsty World. *HAARETZ* [online]. Adar, 2017, Jul 04, 2017 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://www.haaretz.com/science-and-health/how-israel-can-help-a-thirsty-world-1.5392651>
45. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater use in agriculture*. 4. Switzerland: WHO, 2006. ISBN 92-4-154685-9.
46. PIT TOILETS (LATRINES). *Global water pathogen project* [online]. August 23, 2018 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <http://www.waterpathogens.org/book/pit-toilets-latrines>
47. MALÝ, Josef a Petr HLAVÍNEK. *Čištění průmyslových odpadních vod*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-860-2005-3.
48. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater use in agriculture*. 2. Switzerland: WHO, 2006. ISBN 92-4-154683-2.
49. ŠÁLEK, Jan a Bohumil KUJAL. *Rybníky a účelové nádrže: Návod ke komplexnímu projektu a diplomnímu semináři*. 2., přepr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.
50. ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD HAVÍŘOV. *SMVAK* [online]. Ostrava [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <http://www.smvak.cz/provozy/cov-havirov>
51. ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD: Ústřední čistírna odpadních vod (ÚČOV). *OVAK* [online]. Ostrava [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <http://www.ovak.cz/index.php?document=115>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK – Biochemická spotřeba kyslíku

BSK₅ – Biochemická spotřeba kyslíku po pěti dnech

ČR – Česká republika

ČOV – Čistírna odpadních vod

EHS – Evropské hospodářské společenství

EO – ekvivalentní obyvatel

JPG - Joint Photographic Experts Group

PDF – Portable Document Forma

Sb. – Sbírka zákonů

UV – Ultrafialové záření

AAS – Atomová absorpční spektrometrie

ICP – MS – Hmotnostní spektrometrie

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Lapák písku ČOV Havířov [foto: Novočková, 2018].....	8
Obr. 2 Sedimentační křivka [20].....	9
Obr. 3 Zahušťovací křivka [20]	9
Obr. 4 Odstraňování dusíku ČOV Havířov [foto: Novočková, 2018]	10
Obr. 5 Zavlažování v Keni [27]	14
Obr. 6 Zavlažování „černými vodami“ v Mexiku [28].....	15
Obr. 7 Vegetační kořenová čistírna [29].....	16
Obr. 8 Kombinace čištění ve vegetační kořenové čistírně a závlahou [29].....	17
Obr. 9 Kombinace mechanického stupně čištění a biologické nádrže se závlahou [29]	17
Obr. 10 Kombinace umělého čištění se závlahou čištěnými odpadními vodami [29].....	18
Obr. 11 Kombinace čištění odpadních vod z rekreačního zařízení provozovaného v letním období v biologickém septiku a vegetační kořenové čistírně se závlahou odpadními vodami [29].....	18
Obr. 12 AS - TOP WASH [39].....	22
Obr. 13 Kapková závlaha Izrael [44].....	23
Obr. 14 Separační systém [45].....	24
Obr. 15 Kal na ČOV Havířov [foto: Denisa Novočková, 2018].....	27
Obr. 16 Letecký snímek ÚČOV Ostrava [51].....	28
Obr. 17 Odběr vzorků [foto: Novočková, 2019].....	30
Obr. 18 Stanovení dusičnanů [foto: Novočková, 2019].....	33
Obr. 19 Stanovení celkového fosforu [foto: Novočková, 2019].....	34
Obr. 20 Stanovení dusitanů [foto: Novočková, 2019]	35
Obr. 21 Stanovení amoniakálního dusíku [foto: Novočková, 2019]	36

Obr. 22 Stanovení ortofosforečnanů [foto: Novočková, 2019]	37
Obr. 23 Stanovení BSK ₅ [foto: Novočková, 2019]	39
Obr. 24 Titrace chloridů [foto: Novočková, 2019]	42
Obr. 25 Stanovení hliníku [foto: Novočková, 2019]	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Orientační složení splaškových odpadních vod [13]	5
Tabulka 2 Složení shrabků [15], [19].....	8
Tabulka 3 Emisní standardy – koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [18]	12
Tabulka 4 Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů jakosti pro jednotlivé třídy [31] ..	19
Tabulka 5 Letální dávky UV [30]	26
Tabulka 6 Stanovené a měřené ukazatele	29
Tabulka 7 Termíny jednotlivých odběrů.....	30
Tabulka 8 Hodnoty pH.....	31
Tabulka 9 Hodnoty CHSKCr.....	32
Tabulka 10 Hodnoty dusičnanů	32
Tabulka 11 Hodnoty celkového fosforu.....	33
Tabulka 12 Hodnoty dusitanů	34
Tabulka 13 Hodnoty amoniakálního dusíku	35
Tabulka 14 Hodnoty ortofosforečnanů	36
Tabulka 15 Titrace BSK ₅ , říjen 2018	37
Tabulka 16 Hodnoty BSK ₅	39
Tabulka 17 Hodnoty Cm(NL).....	40
Tabulka 18 Prvky stanovené v měsíci březnu.....	41
Tabulka 19 Další kovy	43

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Hodnoty pH	31
-------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

Postup práce – Stanovení CHSK_{Mn}

Do odměrných baněk bylo odpipetováno 25 ml vzorku odpadní vody a doplněno destilovanou vodou na 100 ml. Poté bylo vše přelito do varné baňky s pěti varnými korálky. Na slepý pokus bylo odměřeno 100 ml destilované vody. 5 ml kyseliny sírové zředěné v objemovém poměru 1:2 bylo přidáno do všech varných baněk společně s 20 ml odměrného roztoku manganistanu draselného. Směs byla důkladně promíchána. Dále byly na hrdla varných baněk umístěny hodinová skla a vše bylo umístěno na varnou plotýnku. Směs byla vařena 10 min ve varu, přičemž ihned k horkému roztoku bylo přidáno 20 ml kyseliny šťavelové. Horký roztok byl titrován odměrným roztokem manganistanu draselného do slabě růžového zbarvení.

Postup práce - Stanovení CHSK_{Cr}

Thermoreaktor byl předeřhříván 20 min při 148 °C. Do kyvety byl odpipetován roztok a doporučené množství odpadní vody. Směs byla důkladně promíchána a poté zahřívána 2 h při teplotě 148 °C. Po vychladnutí byla změřena hodnota CHSK.

Postup práce – Stanovení dusičnanů

Do porcelánových misek bylo odpipetováno 10 ml zfiltrovaného vzorku pro ÚČOV Ostrava a 5 ml vzorku pro ČOV Havířov. Oba vzorky byly následně doplněny destilovanou vodou na 10 ml. Z 10 ml destilované vody byl stejným způsobem proveden slepý pokus. Dále bylo přidáno do vzorků 0,2 ml roztoku NaOH a 1 ml roztoku salicylanu sodného. Poté vše bylo odpařeno na vodní lázni v digestoři do sucha. K ještě horkému odparku byl přidán 1 ml kyseliny sírové, kterým byl celý odparek ovlhčen. Po 10 min působení kyseliny bylo přidáno 20 ml destilované vody. Dále se vzorek nechal volně zchladit na teplotu laboratoře. Po ochlazení bylo přidáno 7 ml roztoku NaOH a obsah odpařovací misky byl krouživým pohybem dokonale promíchán. Vše bylo převedeno do odměrné baňky o objemu 50 ml a doplněno po rysku destilovanou vodou. Vzorky byly promíchány a bylo možné pozorovat žluté zbarvení, které bylo stálé 24 hodin. Nakonec byla ve vzorcích změřená koncentrace v kyvetě o velikosti 1 cm, na spektrofotometru při vlnové délce 415 nm, a výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 12.

Postup práce - Stanovení celkového fosforu

Do kádinky o objemu 100 ml bylo odměřeno 10 ml dobře promíchaného nefiltrovaného vzorku pro ÚČOV Ostrava a 5 ml pro ČOV Havířov. Oba vzorky byly následně doplněny destilovanou vodou na 50 ml. Následně byl přidán 1 ml zředěné kyseliny sírové a 0,4 g peroxodisíranu amonného. Směs byla zahřívána k varu, než se postupně odpařila zhruba na 10 ml. Poté bylo znovu přidáno 30 ml destilované vody a směs se dále vařila, do té doby, než se opět odpařila na 10 ml. Po ochlazení směsi na teplotu laboratoře bylo přidáno několik kapek fenolftaleinu. Dále byl přidáván z byřety roztok NaOH do slabě růžového zbarvení a potřebné množství kyseliny sírové, která vzorky odbarvila. Směs byla převedena do odměrné baňky a doplněna po rysku destilovanou vodou na 50 ml. Vzorky byly přelity do Erlenmeyerovv baňky a bylo přidáno 5 ml směsného činidla. Po promíchání roztok 15 min stál. Ihned poté byla měřena koncentrace v kyvetě o velikosti 5 cm, na spektrofotometru při vlnové délce 690 nm, a výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 13.

Postup práce – Stanovení dusitanů

Do odměrné baňky o objemu 50 ml bylo odměřeno 25 ml vzorku ÚČOV Ostrava i ČOV Havířov. Z 25 ml destilované vody byl stejným způsobem proveden slepý pokus. Dále bylo přidáno do vzorků 2,5 ml roztoku kyseliny sulfanilové a směs byla důkladně promíchána. Po 10 min stání bylo přidáno 2,5 ml kopulačního roztoku, přičemž směs byla opět promíchána a stála dalších 20 min. Nakonec, byla odměrná baňka doplněna po rysku destilovanou vodou. Poté byla měřena koncentrace v kyvetě o velikosti 1 cm, při vlnové délce 550 nm na spektrofotometru, a výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 14.

Postup práce - Stanovení amoniakálního dusíku

Do odměrné baňky o objemu 50 ml bylo odměřeno 5 ml vzorku ÚČOV Ostrava a 50 ml vzorku odpadní vody ČOV Havířov. Odměrné baňky byly doplněny destilovanou vodou na 50 ml. Dále z 50 ml destilované vody byl stejným způsobem proveden slepý pokus. Dále do odměrných baněk byly přidány 2 kapky roztoku vinanu sodnodráselného a směs byla důkladně promíchána. Následně byl přidán 1 ml Nesslerova činidla a opět směs byla promíchána. Po uplynutí 10 min, kdy vzorky stály, byla změřena koncentrace v kyvetě o velikosti 5 cm na spektrofotometru o vlnové délce 425 nm. Výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 15.

Postup práce – Stanovení ortofosforečnanů

K 50 ml vzorku z ÚČOV Ostrava a 10 ml vzorku ČOV Havířov doplněné destilovanou vodou bylo přidáno 5 ml směsného činidla. Dále z 50 ml destilované vody byl stejným způsobem proveden slepý pokus. Směsi stály 15 min, poté byly ihned měřeny v kyvetě o velikosti 5 cm, na spektrofotometru při vlnové délce 690 nm a výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky č. 16.

Postup práce – Stanovení BSK₅

Nejprve bylo třeba připravit zředovací vodu. Ke 3 l probublávané vody, byly přidány: 3 ml fosforečnanového tlumivého roztoku, 3 ml roztoku síranu hořečnatého, 3 ml chloridu vápenatého a 3 ml chloridu železitého. Následně byla směs důkladně promíchána.

K přípravě slepého stanovení byly přichystány dvě inkubační kyslíkové láhve, které byly naplněny zředovací vodou. Jedna láhev byla umístěna vzhůru dnem do kádinky s vodou, tak aby měla hrdlo ponořené do vody, a byla umístěna do termostatu. V druhé láhvi byla stanovena koncentrace rozpuštěného kyslíku (0. den).

K ředění vzorků byl použit odměrný válec o objemu 1 l. Ve válci bylo odměřeno pro ÚČOV Ostrava 100 ml a pro ČOV Havířov 200 ml vzorku nefiltrované odpadní vody. Odměřená odpadní voda v odměrném válci byla doplněna zředovací vodou na objem 1 l. Směs byla promíchána a přelita do inkubačních kyslíkových lahví až po okraj. Z lahví byly následně vyklepány vzduchové bubliny a kyslíkové láhve byly zazátkovány. Jedna láhev byla umístěna vzhůru dnem do kádinky s vodou, tak aby měla hrdlo ponořené do vody, a byla umístěna do termostatu. V druhé láhvi byla stanovena koncentrace rozpuštěného kyslíku (0. den).

S kyslíkovými lahvemi bylo manipulováno na tácku. Ke směsi byly postupně přidávány seříznutými pipetami pod hladinu srážecí roztoky. Ke srážení bylo využito 2 ml roztoku síranu manganatého a 2 ml roztoku hydroxidu draselného s jodidem a azidem. Poté byly láhve zazátkovány, opláchnuty a promíchány pod tekoucí vodou. Po 5 min stání se v kyslíkových lahvích vytvořila sraženina, která byla následně zpracována.

Pod hladinu bylo přidáno 10 ml kyseliny sírové. Směs byla opět opláchnuta, promíchána pod vodou a umístěna do tmy na 5 min. Po uplynutí doby 5 min byl obsah

lahví převeden do titračních baněk o objemu 500 ml. Směsi byly titrovány roztokem thiosíranu sodného do světle žlutého zbarvení. Poté bylo přidáno 3 – 5 ml škrobového indikátoru, kterým se titrovalo do doby, než se roztok odbarvil.

Po 5 dnech byly kyslíkové láhve vyndány z termostatu a stanovení rozpuštěného kyslíku mělo stejný postup práce.

Postup práce - Stanovení nerozpuštěných látek

Skleněné misky společně s filtračním papírem o velikosti 0,4 mikrometry byly zváženy na analytické váze. Po zvážení následovalo důkladné promíchání nefiltrované odpadní vody v plastových nádobách. 100 ml odpadní vody bylo přelito do odměrného válce. Filtrační papír byl pomocí pinzety hladkou stranou umístěn do filtračního zařízení. Po upnutí filtru byla zapnutá vývěva, která filtrovala odpadní vodu. Nakonec byl filtrační papír opět vyjmut pomocí pinzety, jakmile byl vzorek zfiltrován. Vzorky byly vloženy do skleněných misek a byly umístěny do sušárny, kde byly vysušovány při 105 °C. Po vysušení byly vzorky zchlazeny a zváženy na analytické váze.

Postup práce – Stanovení chloridů

Do titrační baňky bylo odpipetováno 100 ml vzorků. K vzorkům byl přidán 1 ml roztoku chromanu draselného. Vše bylo důkladně promícháno a titrováno odměrným roztokem dusičnanu stříbrného ze žlutého do trvale oranžovohnědého zbarvení.

Postup práce – Stanovení síranů

Do skleněných hranatých kyvet bylo přidáno 10 ml vzorků. Slepý pokus byl proveden z 10 ml destilované vody. Ke vzorkům byly přidány sáčky s reagenty pro stanovení síranů. Po uplynutí 5 min byly hodnoty síranů měřeny na spektrofotometru Hach Lange DR 2800 při vlnové délce 450 nm.

Postup práce – Stanovení manganu

Do titračních baněk o objemu 250 ml bylo odměřeno 50 ml vzorku. Slepý pokus byl proveden stejným způsobem z 50 ml destilované vody. K vzorkům odpadní vody bylo přidáno 2,5 ml směsného činidla a 0,5 g peroxodisíranu amonného. Směs byla ohřátá k varu a mírně vařená 10 min. Po ochlazení ve vodní lázni, bylo přidáno 0,1 g peroxodisíranu amonného. Vzorky byly převedeny do odměrných baněk o objemu 50 ml

a doplněny destilovanou vodou. Po uplynutí 10 min byly vzorky změřeny v 5 cm kyvetě, na spektrofotometru při vlnové délce 525 nm.

Postup práce – Stanovení železa

Do kádinky o objemu 250 ml bylo odměřeno 50 ml vzorku. Slepý pokus byl proveden stejným způsobem z 50 ml destilované vody. K vzorkům bylo přidáno 2,5 ml kyseliny sírové 2,5 ml roztoku manganistanu draselného. Poté byla směs vařena 5 min a za horka odbarvena roztokem kyseliny šťavelové. Po kapkách byl přidáván roztok manganistanu draselného do slabě růžového zbarvení. Vše bylo zchlazeno ve vodní lázni a následně převedeno do odměrné baňky o objemu 50 ml. Vzorky byly destilovanou vodou doplněny na 50 ml a důkladně promíchány. Dále bylo vše přelito do kádinky a ke směsi bylo přidáno 2,5 ml kyseliny chlorovodíkové. Po promíchání bylo přidáno 5 ml roztoku thiokyanatanu draselného a vzorky byly opět důkladně promíchány. Hodnoty byly změřeny na spektrofotometru v kyvetě 1 cm, při vlnové délce 500 nm.

Postup práce – Stanovení veškerého chromu

Do kádinky o objemu 250 ml bylo odměřeno 50 ml vzorku a 50 ml destilované vody. Slepý pokus byl proveden stejným způsobem ze 100 ml destilované vody. K vzorkům bylo přidáno 0,3 ml kyseliny sírové a 5 až 10 ml roztoku peroxosíranu amonného. Smě byla vařena 25 min, dokud se objem nesnížil na 50 ml. Vše bylo převedeno do odměrné baňky o objemu 100 ml. Následně byl přidán 1 ml kyseliny sírové a 0,3 ml kyseliny fosforečné. Vzorky byly doplněny destilovanou vodou na 95 ml a promíchány. Dále byl přidán 1 ml roztoku difenyl karbazidu. Směs byla doplněna po rysku destilovanou vodou a promíchána. Po uplynutí 10 min byly hodnoty chromu měřeny na spektrofotometru v kyvetě 5 cm, při vlnové délce 540 nm.

Postup práce – Stanovení hliníku

Do odměrných baněk o objemu 25 ml bylo odměřeno 20 ml vzorku. Slepý pokus byl proveden stejným způsobem z 20 ml destilované vody. K vzorkům odpadní vody byl přidán 1 ml redukčního roztoku. Po promíchání a uplynutí doby 10 min, byl k směsi přidán 1 ml roztoku Eriochromcyaninu a 1 ml tlumivého roztoku. Po promíchání byly odměrné baňky doplněny po rysku destilovanou vodou. Dále po uplynutí 60 min byly změřeny na spektrofotometru v kyvetě 1 cm, při vlnové délce 535 nm.